Z.N. 1428

IV 5. (1)

Der
Bau der Hängebrücken
aus
Eisendraht;

nach

Stevenson, Seguin, Dufour, Navier u. a.

von

C. F. W. Berg,
mehrer gelehrten Gesellschaften Mitgliede.

Mit sieben großen Kupfertafeln.

Leipzig, 1824.
Im Industrie-Comptoir.

09 M 2

170 770 087

Vorwort.

Nachdem der Bau der Hängebrücken sich sehr bald in Amerika, England und neuerdings auch in Frankreich verbreitet hat, ist auch in Teutschland die Aufmerksamkeit auf die Vortheile dieses Bau-Systems erregt, und man hat dem zu Folge bereits einige Baue dieser Art glücklich ausgeführt. Die Wohlfeilheit, mit welcher die Hängebrücken erbauet werden können, und der Umstand, daß sie selbst da ohne Schwierigkeiten ausführbar sind, wo eine hindernde Lokalität den Bau der steinernen und der hölzernen Brücken untersagt, macht sie für Regierungen, Gemeinden und Privatpersonen gleich schätzenswerth.

Wenn wir in Teutschland noch keine Schrift über den Bau der Hängebrücken besitzen; so dürfte vielleicht die folgende nicht überflüssig seyn. Die Hängebrücken aus Eisendraht sind in ihr vorzüglich berücksichtigt, weil sie in Hinsicht ihrer Wohlfeilheit einen

eben so großen Vorzug vor den Ketten-Hängebrücken behaupten, wie diese vor den gewöhnlichen hölzernen und gemauerten Brücken.

Die gegenwärtige Schrift ist nach einer Abhandelung im Edinburgh Philosophical Journal No. X und XI: Description of Bridges of Suspension; by R. Stevenson; ferner nach Dufour, description du pont suspendu en fil de fer, construit à Genève, erschienen zu Genf und Paris bei I. I. Paschoud 1824; und dann nach der Schrift: Des ponts en fil de fer, par Seguin aîné d'Annonay, erschienen zu Paris bei Bachelier 1824, bearbeitet. Außerdem wurden unter andern noch benutzt:

1) Navier, Rapport à Mr. Becquey, et mémoire sur les ponts suspendus, in 4 avec atlas in folio.

2) Was über diesen Gegenstand in der Genfer Bibliotheque universelle etc. etc.

3) In den Annales de l'industrie nationale etc., Par Le Normand et De Moleon zu Paris;

4) Im Bulletin des sciences, publié sous la direction de M. Le Bon. de Férussac zu Paris;

5) Im Bulletin des sciences, par la société philomatique de Paris. Livraison de Mai, 1823, p. 73 — 76. Note sur les effets des secousses imprimées aux poids suspendus à des fils ou à des verges elastiques; par Navier. erschienen ist.

Zum Nachlesen kann ich noch empfehlen:

1) Edinburgh Philosophical Journal No. XXI. July 1824. p. 140. Report on the Present State of the Wooden Bridge at Montrose, and the practicability of Erecting a Suspended Bridge of Iron in its stead; By George Buchanan Esq. Civil Engineer. Diese Abhandlung enthält zwar viel Oertliches, sie giebt aber ein Beispiel, wie man zu verfahren hat, wenn an die Stelle schon bestehender hölzernen oder gemauerten Brücken Hängebrücken erbaut werden sollen. Sie konnte hier nicht benutzt werden, weil durch die da-

bei befindlichen drei großen Kupfertafeln die gegenwärtige Schrift ohne Noth vertheuert worden wäre.

Wer sich eine genaue Kenntniß vom Widerstand des Eisens und des Holzes erwerben will, um beim Bau der Hängebrücken seine Berechnungen darauf zu basiren und dies Bausystem durch neue Entdeckungen zu bereichern, dem ist ferner zu empfehlen:

2) Rondelet, Art de bâtir, tome IV.

3) Girard, Résistance des solides. Paris 1798.

4) Duleau, Essai sur la résistance du fer forgé. Paris 1820.

5) An Essay on the Strength and Stress of Timber; by Professor Barlow, London 1823. Taylor.

„Seit Kurzem besteht auch in der Provinz Mähren eine Kettenbrücke. Sie wurde im Laufe des letzten Frühjahrs auf der, dem k. k. Kämmerer Grafen von Magnis gehörigen Herrschaft Straßnitz, auf Kosten des Herrschaftsbesitzers durch seinen Ingenieur,

Herrn Friedrich Schnirch, über einen Arm des Marchflusses erbauet, und am 8. Juny d. J. zur allgemeinen Benutzung für Fußgänger und leichtes und schweres Fuhrwerk geöffnet. Die Brücke enthält 90 Fuß in der Länge, im Lichten, ist 14 Schuh breit, und hängt 10 Schuh über dem niedrigsten, 2 Schuh über dem höchsten Wasserstand, unter einem Aufhängewinkel von 22 Graden an 8 Ketten, wovon 4 Stück auf jeder Seite zwei zu zwei vergliedert sind. Das Gewicht der Ketten beträgt 48 niederöstreichische Centner, das der Tragstangen 5, der beiden Schienen 12, zusammen 65 Centner. Die Fahrbahn selbst ist von Holz; zur Sicherheit der Darübergehenden ist ein drei Schuh hohes geflochtenes Drahtgeländer angebracht. Die Brücke hat mit Einschluß ihres eigenen Eisengewichts, im Ganzen ein Tragvermögen von 1203 Centnern; sie kann demnach die schwersten Lastwagen ohne die mindeste Gefahr tragen."

Um die gegenwärtige Schrift für Jedermann und besonders für Privatpersonen verständlich zu machen, welche kleine Communicati-

ons=Brücken für ihren Gebrauch bauen wollen, ist das rein Theoretische des Vortrages von dem Practischen gesondert und für Architekten in Anmerkungen beigefügt.

Wie bei jeder neuen Kunst, so wird es auch bei dem Bau der Hängebrücken nicht an fehlerhaften Unternehmungen fehlen. Möge daher das Publicum sich hüten, die Fehler in der Ausführung eines Baues dem Bau=System selbst zur Last zu legen.

Auch ich hoffe, daß man mir für die in dieser Schrift etwa vorkommenden Irrthümer die Neuheit des Gegenstandes, so wie den Wunsch, die Vortheile dieses Bau=Systems sobald als möglich zur allgemeinen Kenntniß und Benutzung zu bringen, als Entschuldigung dienen lassen werde.

Geschrieben zu Gohlis, bei Leipzig,
im September. 1824.

C. F. W. Berg.

Inhalt.

	Seite.
Vorrede	III
Hängebrücke in Mähren	VI

Erstes Kapitel.

Ursprung und Verbreitung der Hängebrücken	1
Brücke über den Sampos in Hindostan	1
Belu's Project zu einer Hängebrücke über den Rhein	2
Brücken mit Gewölbsteinen aus Gußeisen	3
Kettenbrücke in Winch	5
Hängebrücken in Amerika	6
Hängebrücke in Roncorn	7
Kettenbrücke über den Menai	8
Drahtbrücke bei Galashiel	10
Drahtbrücke bei Kings-Meadows	10
Drahtbrücke bei Thirstane	12
Brücke von Dryburgh	12
Kettenbrücke der Union	17
Der hängende Hafendamm zu Briggton	22
Drahtbrücke bei Annonay	27
Drahtbrücke bei Tain und Tournon über die Rhone	29
Drahtbrücke bei Genf	31
Innere Widerlage derselben	32
Aeußere Widerlage	34
Zwischenpfeiler	35
Aufhängen	36

Seite
Spulen, Strähnen und Sättel 37
Hängebündel 38
Bänder 39
Zimmerwerck 40
Eisernes Geländer. 42
Gewicht 43
Neues System von Dufour 47
Brücke beim Invalidenhause in Paris 48
Hängende Wasserleitung des Grafen Chabrol . . 48
Kettenbrücke bei Weilburg 49
Hängebrücke bei Nienburg vom Baurath Bandhauer 49

Zweites Kapitel.

Allgemeine Erfordernisse der Hängebrücken 50

Drittes Kapitel.

Die Widerlagen 55
Eiserne Taue 56
Gemauerte Widerlagen 62
Pfahlwerk von Holz 66

Viertes Kapitel.

Vom Aufhängen der Brücke. 69
Eiserne Seile 71
Träger und Spannungs=Rahmen 87
Befestigungsseile (Taue) der Widerlagen 88

Fünftes Kapitel.

Die vertikalen Seile der Brustwehr und die untern Befestigungsseile, welche gegen das Schwanken der Brücke bestimmt sind. 91

Seite.

Sechstes Kapitel.

Der Fußboden 95

Siebentes Kapitel.

Vom Aufschlagen der Brücke 100

Anmerkungen.

Anmerkung 1. 109
Versuche über den Widerstand des Eisens . . . 110
Versuch, um die Progression der Verlängerung des Eisens zu messen 121
Versuch über den Einfluß des Bindens 122
Versuch über die Kraft des in Bündel vereinigten Drahtes 122
Versuch über die Zähigkeit des Kardätschendrahtes . 123
Versuch über die Zähigkeit des Eisendrahtes aus der Manufactur der Witwe Fleur zu Besançon 123
Comparative Uebersicht von der Kraft des Eisendrahtes 131
Dufour's Versuche über die Zähigkeit des Eisendrahtes 133
Dufour's Versuche über die Kraft des Messingdrahtes 137
Vom Stoß (Choc) 138
Anmerkung 2. 141
Anmerkung 3. 143
Anmerkung 4. 145
Anmerkung 5. 148
Anmerkung 6. 149
Anmerkung 7. 152
Anmerkung 8. 152
Anmerkung 9. 153

	Seite
Anmerkung 10.	153
Anmerkung 11.	154
Anmerkung 12.	154
Anmerkung 13.	155
Anmerkung 14.	156
Anmerkung 15.	157
Anmerkung 16.	160
Anmerkung 17.	160
Anmerkung 18.	161

Der Bau der Eisendrahtbrücken.

Erstes Kapitel.

Ursprung und Verbreitung der Hängebrücken.

Der Gebrauch der Hängebrücken ist wahrscheinlich so alt, wie der Gebrauch der Seile.

Als die Europäer zum erstenmal nach Ostindien kamen, fanden sie bei den dortigen Eingebornen hängende Brücken von Lianen. Noch heute ist es in den wilden Gegenden Amerika's gebräuchlich, durch über Schluchten oder Flüsse gespannte Seile, eine Art von Brücke zu bilden, welche der Reisende, mit seiner Bagage in einem Korbe sitzend, passiert, während sein Reitthier durch eine Furt schwimmt. In China sind die hängenden Brücken schon seit langen Zeiten gebräuchlich.

Der Major Rennel beschreibt eine, welche in Hindostan über den Sampos führt und 600 Fuß lang ist.

Aber diese Brücken ruheten unmittelbar auf den Seilen, oder auch auf den Ketten, welche

zwischen den entgegengesetzten Widerlagern ausgespannt waren. Die Idee, die Brücke unterhalb derselben Kette aufzuhängen, sie durch dies Verfahren horizontal zu machen, und ihr ihren natürlichen Bug zu lassen, scheint zuerst von Herrn Finlay, einem Gutsbesitzer der Vereinigten Staaten, vor 28 Jahren verwirklicht worden zu seyn. Ein gewisser Faustus Verentius beschreibt zwar schon im Jahr 1625, in einem lateinischen Werk, zwei Arten von hängenden Brücken, die erste, wo die Passage unmittelbar über die Ketten hin geht, die zweite, wo der Fußboden mit verticalen Seilen daran aufgehängt ist; aber es ist wenigstens noch nicht ausgemittelt, ob dieser Gedanke irgendwo ausgeführt wurde. Nach Finlay's Prinzip, wurden in Nordamerika viele Brücken angelegt, worunter sich einige befinden, deren Boden oder Jochspannungen 228 Fuß Weite haben.

Im Jahr 1807 machte ein französischer Ingenieur, Namens Belu, einen Entwurf zu einem hängenden Brückenbogen über den Rhein, von 250 Meter (771 Fuß) Weit. Doch waren die Ketten unter der Brücke angenommen. Dies Project blieb aber unausgeführt.

Die engländischen Ingenieurs haben ohngefähr erst seit zehn Jahren beim Brückenbau ihre Aufmerksamkeit auf das Prinzip gerichtet, die Brücken aufzuhängen. Wir wollen hier das Geschichtliche

ihrer Entwürfe und Ausführungen dieser Art anführen *).

Brücken mit Gewölbsteinen aus Gußeisen.

Während des letzten Krieges, wo fremdes Holz und Eisen in England außerordentlich theuer wurden, bot man Alles auf, um in engländischen Bergwerken gewonnenes Eisen für alle vorkommende Werke zu verarbeiten. Natürlich fiel man auch auf den Gedanken, Brücken von Gußeisen zu erbauen, zumal da die erste Brücke dieser Art schon im Jahr 1779 bei den Schmelzhütten von Colebrook-Dale, in Shropshire, über die Saverne geschlagen worden war.

Diese Brücke hatte einen einzigen Bogen von fünf hundert Fuß Durchmesser. In mehren Provinzen des vereinigten Königreichs fand der Bau der gußeisernen Brücken sehr bald Eingang. Man baute unter andern Eine über die Wear in Sunderland, deren einziger Bogen zwei hundert und sechs und dreißig Fuß im Durchmesser hatte. Anfangs wollten die dortigen Einwohner diese Brücke nicht mit schweren Wagen passiren, weil sie in ihre Haltbarkeit Mißtrauen setzten. Um dies Mißtrauen zu verscheuchen, ließ der Baumeister bei eintretender Fluth ein Fahrzeug unter die Brücke fahren und

*) Siehe das Edimburg Philosophical Journal, No. X. und XI. Description of Bridges of Suspension. by R. Stevenson.

daran befestigen. Als die Ebbe eintrat, blieb es frei an der Brücke hängen, und benahm auf diese Weise auch den Furchtsamsten jedes Mißtrauen gegen die Haltbarkeit eines Gewölbes, welches eine so außerordentliche Last zu tragen, fähig war.

Erst vor Kurzem wurde mitten in London eine eiserne Brücke über die Themse gebaut, deren mittlerer Bogen nicht weniger, als zweihundert und vierzig Fuß Weite hat. Man brachte sogar Bogen von mehr als fünf hundert Fuß in Vorschlag; man muß aber gestehen, daß diese gigantischen Baue sowohl durch die Dimensionen, in welchen sie ausführbar sind, als auch durch die außerordentlichen Kosten, welche sie verlangen, beschränkt sind. Der Ingenieur mußte also zu andern Mitteln seine Zuflucht nehmen, um bei Gelegenheit, anstatt der langsamen und oft gefährlichen Fähren, einen unmittelbaren und ununterbrochenen Verkehr zwischen den Ufern der Flüsse u. s. w. herzustellen. Man hat dieß mit außerordentlicher Einfachheit und mit geringen Kosten durch die Anwendung der Curbe erreicht, welche von den Geometern Kettenlinie genannt wird; eine Curbe, deren Eigenheiten sie bis jetzt als mathematische Kuriositäten betrachtet hatten; die aber heut zu Tage, aus Ketten von Streckeisen zusammen gesetzt, ein unterhalb converer Bogen, gleichsam ein verkehrtes Gewölbe wird, welches, geradlinige Brücken zu tragen, fähig ist, und in mehren Fällen anstatt der gewöhnlichen gemauerten Bogen mit Vortheil angewendet werden kann.

Kettenbrücke in Winch.

Die zu Winch über den Fluß Tees, welcher die Grafschaften Durham und York scheidet, wird für die erste Brücke auf Ketten in England gehalten. Sie ist in Durhams Antiquities, by Hutchinson. Carlisle 1799. beschrieben und im Durchschnitt abgebildet.

Da durch eine Feuersbrunst die Auflage dieser Schrift fast gänzlich vernichtet ist, und folglich nur sehr wenige Exemplare davon vorhanden sind; so wird es nicht überflüssig seyn, wenn wir hier auf Tafel I. Fig. 1. eine Abbildung dieser Brücke geben, welche Stevenson aus obiger Schrift entnommen hat.

Die Umgebungen des Flusses zeigen dem Auge die verschiedenartigsten Landschaften, schöne Wasserfälle, malerische Felsen, Grotten u. s. w. Ohngefähr zwei Meilen über Middleton, in einer Gegend, wo der Fluß sich von einem Abhang auf den andern stürzt, sieht man eine, auf beiden Ufern mit Ketten an Felsen befestigte Hängebrücke, welche sechszig Fuß hoch über den unter ihr liegenden Abgrund erhaben ist; sie ist für Fußgänger, und besonders für die zahlreichen Bergleute dieser Gegend bestimmt. Bei einer Länge von siebenzig Fuß, ist sie nur zwei Fuß breit, hat nur an einer Seite ein Geländer und schwankt dabei so auffallend, daß Fußgänger, welche nicht daran gewöhnt sind, sich nicht darüber wagen. Hutchinson bedauert, die Zeit der Erbauung dieser Brücke nicht genau angeben zu können; aber

von guten Autoritäten unterstützt, glaubt er, das Jahr 1741 dafür annehmen zu dürfen.

Hängebrücken in Amerika.

In einer Abhandlung über Brücken, welche im Jahr 1811 in Neu-York von Pope, einem Baumeister dieser Stadt, erschien, liest man, daß damals in den verschiedenen Gegenden des vereinigten Amerika's acht an Ketten aufgehangene Brücken vorhanden waren. Aus Pope's Schrift, worin Hutchinson's Werk öfters angeführt, und von der Brücke zu Winch eine Beschreibung gegeben wird, scheint hervorzugehen, daß die amerikanische Regierung im Jahr 1808 ein Patent zur Einführung des Baues der hängenden Brücken, aus England, ertheilte.

Pope beschreibt deren eine, welche gegen das Jahr 1809 über den Fluß Merrimak, im Staat Massachusett, gebaut wurde, und nur einen einzigen Bogen von zwei hundert vier und vierzig Fuß bildet. Die Brücke selbst hängt zwischen zwei, sieben und dreißig Fuß hohen, gemauerten Widerlagen, auf denen ein hölzernes Gerüste von fünf und dreißig Fuß ruhet. Zehn Ketten, jede fünfhundert und sechszehn Fuß lang, sind zwischen diese Widerlagen gespannt, und ihre Enden tief in den Erdboden befestigt, wo sie von sehr großen Steinen fest gehalten werden. Zwei Wagen können neben einander über diese Brücke fahren; ihre Breite beträgt dreißig Fuß. Drei Ketten bilden

auf jeder Seite das Geländer, vier bezeichnen in der Mitte einen Weg für Fußgänger, und schützen sie vor Beschädigungen durch Wagen. Das Ganze hat vom Grund an 72 Fuß Höhe. Diese Brücke, welche auf Nichts gestützt zu seyn scheint, erleidet keine Erschütterungen, wenn die schwerbeladensten Fuhrwagen darüber fahren *).

Die Kosten dieses Baues sollen 20,000 Piaster, (ohngefähr 25,000 Thaler) betragen haben, und die Brücke ist auf eine mögliche Last von fünf hundert Tonnen, (10,000 Zentner) berechnet.

Brücke in Roncorn.

Obgleich die Brücke in Roncorn bis jetzt nur im Entwurf da ist, so verdient doch dieser Entwurf, schon seiner Kühnheit wegen, gekannt zu werden. Man verdankt ihn einigen reichen Kaufleuten zu Liverpool, welche einem der geschicktesten Ingenieure Englands, Herrn Telford, den Vorschlag machten, bei Roncorn, zwanzig Meilen von Liverpool, über den Ausfluß des Mercey in den Ocean eine Brücke zu bauen. Diese Brücke, von einem einzigen Bogen, soll ohngefähr tausend Fuß lang werden, und wenigstens sechszig Fuß über dem Wasserspiegel bei höchster Fluth erhaben seyn, damit alle Fahrzeuge, wovon dieser Fluß des bedeutenden Handels wegen, gleichsam belebt ist, ungehindert unter ihr

*) Alfred, London Journal, 3. September 1811.

hinfahren können. Man hat Ursache zu glauben, daß die erste Idee zu diesem außerordentlichen Unternehmen im Jahr 1813 gefaßt wurde, wo der Arbeitslohn sehr niedrig, und eine große Anzahl von Arbeitern der Grafschaft Lancaster ohne Beschäftigung waren.

Eine Gesellschaft von Actionairen verschaffte sich mehre Plane und Anschläge, unter denen der Plan zu einer Hängebrücke den Vorzug erhielt. Brown, Ingenieur der Marine, und Telford fanden ihn ausführbar. Der letztere entwarf einen ausführlichen Anschlag, in welchem er die Unkosten nach dem einen System auf 63,000, nach dem andern aber auf 85,000 Pfund Sterling berechnete.

Kettenbrücke über den Menäi.

Die Meerenge Menäi, welche die Insel Anglesey von der Grafschaft Caernarvon (in Wallis) trennt, ist für Reisende sehr beschwerlich, die über Holyhead und Dublin von England nach Irland gehn und kommen. Man passirte diesen Meeresarm bei Bangor, in einer sehr unbequemen Fähre, welche jetzt durch eine Hänge-Brücke ersetzt ist. Die Meerenge ist ohngefähr 700 Fuß breit; an beiden Seiten derselben hat man, etwa 60 Fuß von den Ufern, zwei Widerlagen errichtet, welche 527 Fuß von einander entfernt sind. Jede dieser gemauerten Widerlagen trägt eine 50 Fuß hohe eiserne Pyramiede, über welche die Ketten gehen, und ist mit ihrer Pyramide 100 Fuß

hoch. Die Brücke liegt demnach 100 Fuß über der Meeresfläche, und die Fahrzeuge fahren mit vollen Segeln unter ihr weg. Sie ist 28 Fuß breit, und in drei Theile getheilt. In der Mitte befindet sich ein vier Fuß breiter Weg für Fußgänger, und auf jeder Seite ein Fuhrweg, von 12 Fuß Breite, so daß der eine von den hinfahrenden, der andre von den herkommenden Wagen befahren wird. Die Widerlagen sind aus mehrern durchbrochenen Bogen, oder Thoröffnungen, gebildet, durch welche die, das Wasser passirenden Wagen, auf die Brücke fahren. Die Bogen der Widerlagen haben 50 Fuß Durchmesser, und sind aus großen Blöcken von Kalkstein zusammengesetzt. Die Hauptwiderlagen, welche die eisernen Pyramiden tragen, siud nicht massiv, wohl aber im Innern fast ihrer ganzen Länge nach hohl.

Man dachte schon längst darauf, an dieser Stelle eine Brücke zu errichten, und machte deßhalb verschiedene Entwürfe und Anschläge. Nach den verschiedenen in Vorschlag gebrachten Systemen würden sich die Kosten des Unternehmens von einem ohngefähr 128,000 Pfund Sterling betragenden Minimum, bis auf ein Maximum von ohngefähr 268,000 Pfund Sterling belaufen haben. Die jetzt beendigte Hängebrücke kostet dagegen nur 70,000 Pfund Sterling. Nach demselben Prinzip ist auch schon eine 361 Fuß lange Brücke über die Tweed gebauet, von der wir bald reden werden.

Jetzt wollen wir die Fortschritte erwähnen, wel-

che im Bau der Brücken aus Streckeisen in Schottland, wo diese Kunst in Großbrittanien ihre erste Verbreitung fand, gemacht worden sind.

Brücke von Eisendraht bei Galashiel.

Richard Lees, Besitzer einer auf beiden Ufern der Gala liegenden großen Tuchfabrik, faßte im Jahr 1816 die Idee, die Communicationen von einem Ufer zum andern, in einer Entfernung von 111 Fuß, vermittelst einer Brücke von Eisendraht zu erleichtern. Die Ausführung dieser Idee hatte den besten Erfolg, und kostete nur 40 Pfund Sterling. Die Dauer dieser Brücke war nur auf eine gewisse Zeit berechnet, und deshalb ihr Bau unvollkommen. Sie war aber die erste dieser Art in Großbrittanien, und sie gab den ersten practischen Beweis von der Zähigkeit des auf diese Weise angewendeten Eisens, und von den Vortheilen, welche man an schwer zugänglichen Orten von dieser Bauart ziehen könnte.

Die Drahtbrücke bei Kings-Meadows.

Figur 2. auf Tafel I. ist eine Abbildung dieser Brücke, welche nicht weit unter Peebles über die Tweed geschlagen ist. Sie ist 110 Fuß lang, 4 Fuß breit, stößt auf ein elegantes Gebäude, und wurde durch die Edinburger Ingenieurs Redpath und Brown, ohngefähr für die Summe von 160 Pfund Sterling erbauet.

Die Träger auf beiden Ufern des Flusses sind

zwei hohle, neun Fuß hohe, acht Zoll Durchmesser betragende Cylinder von Gußeisen, welche drei Viertel Zoll Metallstärke haben; sie stehen vier Fuß weit von einander entfernt; in jeden ist eine Stange aus Streckeisen eingelassen, und an diese sind vermittelst Schraubenbolzen die Hängedrähte, deren Durchmesser etwa drei Zehntel Zoll beträgt, befestigt. Die dicken Cylinder ruhen auf einem Rost von Grundpfählen, der bei a Figur 2 abgebildet ist; sie bilden gewissermaßen die Pfeiler der Eingangsthüre zur Brücke, und behaupten sich gegen den Zug der Brücke durch schräge Arme von drei Viertel Zoll Durchmesser, die durch Schraubenbolzen befestigt sind.

Der Fußboden der Brücke wird durch Rahmen von Schmiedeeisen getragen, worauf leichte, sechs Zoll breite, und Einen und einen halben Zoll dicke Tannenbretter geschraubt sind; aufwärts stehende Eisenstäbe, die oben eine hölzerne Barriere haben, bilden die Brustwehr. Zwei und vierzig Schraubenbolzen, wovon jeder Einen Zoll Durchmesser hat, halten durch ihr Anziehen das ganze System so vortrefflich zusammen, und geben ihm eine solche Festigkeit, daß man beim Rütteln der Brücke keine Lockerheit der einzelnen Theile, vielmehr nur die genaueste Verbindung des Einzelnen mit dem Ganzen wahrnimmt. Man prüfte die Festigkeit dieser Brücke, indem man so viel Menschen auf sie treten ließ, als der Raum auf ihr gestattete;

sie gab aber nicht den geringsten Schein einer Beugung.

Die Drahtbrücke von Thirstane.

Der Kapitain Napier ließ bei seinem Schloß Thirstane eine ohngefähr hundert und fünf und zwanzig Fuß lange Drahtbrücke über den Fluß Etterick bauen. Die drei hier beschriebenen Brücken sind an Armen von Eisendraht aufgehängt, welche, wie Figur 2 zeigt, oben von den Pfeilern ausgehen, sich von da strahlenförmig verbreiten, und, jeder allein, in verschiedenen schrägen Richtungen den Boden oder die Basis der Brücke erreichen. Bei keinem dieser drei Baue hat man also das Prinzip eines von einem Ende bis zum andern gespannten Seiles in Anwendung gebracht, wobei man die, Kettenlinie benannte Curbe hätte brauchen können, um die Brücke daran aufzuhängen.

Anfangs befolgte man den Plan, dessen Fehler bei Beschreibung der Kettenbrücke von Dryburgh über die Tweed noch gezeigt werden soll; diese ist von einem Aufhängepunkt bis zum andern, zwei hundert und sechszig Fuß lang, und vier Fuß breit, wurde von den Architecten John und W. Smith auf Kosten des Herzogs von Buchan in vier Monaten (im Jahr 1817) errichtet, kostete 720 Pfund Sterling und war nur für Fußgänger, und für Pferde, die an der Hand geführt werden, bestimmt.

Bald zeigte sich bei dieser Bauart ein radica-

ler, schon bezeichneter Fehler: die Ketten, welche, jede für sich allein, von den Aufhängepunkten herabgingen, um sich an die Basis der Brücke, in verschiedenen Distanzen bis in der Mitte derselben, zu befestigen, erhielten eine ungleiche Spannung, und bildeten Kettenlinien-Segmente von verschiedenen Radien. Die, welche schlaffer waren, als die andern, waren so schnellen Schwingungen unterworfen, daß drei oder vier Personen, welche sehr zur Unzeit ein Vergnügen daran fanden, diese Bewegungen bis zum höchsten Punkt zu treiben, eine so heftige Erschütterung auf dem Ganzen hervor brachten, daß eine der längsten herabgehenden Ketten nahe an ihrem Aufhängepunkt zerriß. Sie wurde wieder hergestellt; aber am 15ten Januar 1818 verursachte ein heftiger Sturmwind dem Ganzen ein so heftiges Schwanken, daß die beiden längsten herabgehenden Ketten zerrissen, wodurch das Ganze zerstört ward. Alle Zeugen dieser Begebenheit stimmen in der Behauptung überein, daß die vertikalen, gleichsam gepeitschten Bewegungen der Brücke, wenigstens ihrem Schwanken von einer Seite zur andern an Heftigkeit gleich gekommen wären, so daß also Jeder, welcher sich während dieses Paroxismus auf die Brücke gewagt hätte, durch die verticalen Bewegungen derselben von unten nach oben, und folglich über die Barriere geworfen worden wäre. Man machte über die Brüche folgende für die Praxis dieses Brückenbaues sehr nützliche Bemerkungen. An einer Seite der Brücke waren die Ringe, welche

das Ende oder den Beschluß der langen Aufhängekettenglieder ausmachten, zusammen geschweißt; an der andern dagegen waren sie nur durch ihr kreisförmig gekrümmtes Ende geschlossen, und mit einem eisernen Band zusammen gehalten, wie man bei b Figur 3 sieht. Hier bemerkte man nun, daß fast alle zerbrochenen Ringe von dieser letzten Form waren, wogegen die mit Eisen auf Eisen zusammen geschweißten Ringe sehr wenig gelitten hatten.

Dies Mißgeschick machte viel Aufsehen. Mehrere bei dem Projekt zur Erbauung einer Brücke bei Roncorn interessirte Personen reisten deßhalb von Liverpool nach Dryburg, um sich in der Nähe von den Ursachen und Verhältnissen zu überzeugen. Doch hatte diese Brücke während der sechs Monate ihrer Dauer, in Vergleich zu der ehemaligen Fähre, so wichtige Vortheile gebracht, daß der Lord Buchan den Muth nicht verlor. Er ließ vielmehr sogleich Hand an das Werk legen, und die Brücke mit einer Zulage von 220 Pfund Sterling nach einem bessern System wieder bauen. Nach noch nicht drei Monaten wurde sie dem Publikum wieder geöffnet, war aber dießmal nach dem Prinzip der Kettenlinie erbaut. Sie ist bei Figur 3 abgebildet. Der Boden ist, vermittelst verticaler Stäbe, von verschiedener Länge, an ausgespannten Ketten aufgehängt, die ihre natürliche Krümmung annehmen. Um den ersten Fehler zu vermeiden, hat man die Endringe der Kettenglieder zugeschweißt; die beiden Brustwehren hat man von ei-

nem starken hölzernen Gitter gemacht, welches sich den verticalen wellenförmigen Stößen, deren nachtheilige Wirkung sich in jenem Sturme zeigte, sehr wirksam widersetzt; endlich hat man an den Boden der Brücke Seiten-Ankertaue befestigt, die man im Plan, neben dem Profil Figur 3, angegeben findet.

Diese neue Brücke besteht aus vier Hauptketten, welche zwischen den Aufhängepunkten, in einem und demselben horizontalen Plan, paarweise angelegt sind. Der untere Theil der Curbe jedes Paares geht, wie man in der Abbildung sieht, unter die Höhe des korrespondirenden Seitengitters. Jedes Kettenglied besteht aus einer cylindrischen Eisenstange, welche ohngefähr zehn Fuß lang ist, und Einen und fünf Achtel Zoll im Durchmesser enthält. Die zugeschweißten Ringe, womit sich jedes Kettenglied endiget, werden durch andere, kurze und oval gestaltete Ringe, welche ohngefähr neun Zoll lang sind, mit einander vereinigt. Die verticalen Stäbe, welche die Brücke an die Ketten hängen, haben einen halben Zoll im Durchmesser; sie gehen durch die Ringe, und sind vermittelst ihrer dicken aufgetriebenen Köpfe, welche ihres Umfanges halber nicht durch die Ringe gehn, darin aufgehängt. An ihrem untern Ende haben sie Schraubenwindungen, und tragen durch Schraubenmütter die eisernen Schienen, welche dem Boden der Brücke als Träger dienen.

Die Aufhängepunkte der Brücke ruhen auf Ständern, welche acht und zwanzig Fuß über dem

Niveau des Fußbodens erhaben, von vierzehn Quadratzoll starken Tannenstämmen, aus Memel, paarweise errichtet sind, wie man es links auf der Abbildung sehen kann. Zwischen ihnen bleibt ein Raum von neun Fuß, als Zugang zur Brücke. Oben sind sie durch einen starken Querbalken verbunden, auf welchem die Ketten ruhen und von da aus ihre Krümmung beginnen. Die Kettenpaare sind beim Anfang der Brücke zwölf Fuß breit, von einandern entfernt; aber nach der Mitte zu laufen sie zusammen, und sind dort nur in einem Abstand von vier und einen halben Fuß, welcher die Breite der Brücke ausmacht, an den Seitenstäben befestiget. Diese schräge Richtung soll, bis zu einem gewissen Punkt, die Stelle der Ankertaue gegen die Seitenbewegung des Systems vertreten. Stevenson hält parallel fortlaufende Ketten für besser.

Der Brückenboden steht im Sommer achtzehn Fuß hoch über dem Wasserspiegel. Er ist auf beiden Borden aus zwei Tannenbalken gebildet, welche durch eingezapfte Querhölzer mit einander verbunden, und mit quer übergelegten Dielen bedeckt sind. Diese Dielen sind in dreiviertelzölligen Abständen von einander gelegt, damit das Regen- und sonstige Wasser einen leichten Ablauf findet. Unter diesem Boden sind noch zwei Ketten, von zolldicken cylindrischen Gliedern, zu größerer Sicherheit von einem Ende zum andern gespannt, und an den Balken befestiget.

Die Ketten, welche bestimmt sind, dem Zuge

(Anziehen) der die Brücke tragenden Ketten das Gleichgewicht zu halten, sind cylindrisch aus Stabeisen und einen Zoll stark; sie gehn sehr tief in die Erde, wo sie durch große Steinplatten geführt sind, welche, mit einer Masse von bogenförmig angelegtem Mauerwerk belastet, wie man in der Abbildung sieht, zugleich als Ballast dienen.

Beim Bau der Brücke zu Dryburgh machte man eine bemerkenswerthe Beobachtung. Man fand nämlich, daß die Kettenlinie, wenn ihr der Boden der Brücke angehängt wurde, nicht dieselbe Form behielt, welche sie vorher gehabt, wo sie nur ihr eigenes Gewicht zu tragen hatte. Am Ende dieser Ketten, auf beiden Seiten und in der Mitte der Brücke, blieben die Befestigungspunkte nach der Belastung unverändert; aber zwischen der Mitte und jeder Widerlage bildete der Boden zwei merkliche Curven, deren Pfeil ungefähr sieben Zoll betrug. Man half diesem Fehler leicht dadurch ab, daß man die Aufhängestäbe nach dem erforderlichen Grad abkürzte.

Die Kettenbrücke der Union.

Diese Brücke ist bei Norhamford, ungefähr fünf Meilen von Berwick, über die Tweed geschlagen. Bei Figur 4. sieht man eine skizzirte Abbildung davon. Ihr Bau wurde im Monat August 1819 angefangen und am 26. Juli 1820, folglich in einem Zeitraum von 11 Monaten, vollendet. Drei Jahre würden erforderlich gewesen

seyn, um eine steinerne Brücke von derselben Größe zu erbauen. Ihr Baumeister ist der Kapitain S. Brown von der königlichen Marine, derselbe, welcher den Gebrauch der Kettentaue im Militair- und Handels-Seewesen mit so gutem Erfolg eingeführt hat. Der Boden dieses kühnen Baues ist von Holz und mit eisernen Gleisen für das Fuhrwerk versehen. Er ist achtzehn Fuß breit und dreihundert und ein und achtzig Fuß lang. Die Längebalken sind funfzehn Zoll tief und sieben Zoll dick. Die Querbohlen sind zwölf Zoll breit und drei Zoll dick. Diese große Plateforme schwebt im Sommer sieben und zwanzig Fuß hoch über dem Wasserspiegel; gegen die Mitte ihrer Länge erhebt sie sich ungefähr um zwei Fuß, und am Aeußern der beiden Seiten hat man ein funfzehn Zoll starkes Karnieß angebracht, welches dem Ganzen nicht nur zur besondern Zierde gereicht, sondern ihm auch das Ansehn einer größern Festigkeit giebt.

Die vertikalen Stäbe, woran die Brücke aufgehängt ist, sind einen Zoll dick; sie gehen von oben keilförmig in Stücke von Gußeisen, die auf der Vereinigung der Kettenglieder ruhen und „Sattel" genannt werden. Bei C Figur 4. ist diese Zusammenfügung abgebildet. Mit ihrem untern Ende gehn die Stäbe durch eine eiserne drei Zoll dicke Schiene, welche längs der ganzen Brücke unter die Balken hinläuft und von den vertikalen Stäben durch Schraubenmütter getragen wird.

Die Brücke hat zwölf Hauptketten, welche

zwischen den Aufhängepunkten jeder Seite der Brücke paarweise über einander gelegt und vom besten wallliser Eisen gemacht sind. Die Kettenglieder sind cylindrisch, ungefähr zwei Zoll dick und ein jedes funfzehn Fuß lang; sie haben an jedem Ende eine Bauchung mit einem Loch, welches einen transversal ovalen Bolzen aufnimmt, der auf beiden Seiten heraus ragt und in einem Durchmesser $2\frac{1}{4}$ Zoll, im andern aber $2\frac{1}{2}$ Zoll dick ist. Zwei benachbarte Kettenglieder sind durch starke Ringe mit einander vereinigt, wie man in der Fig. 4. sieht.

Endlich sind die vertikalen Stäbe abwechselnd an jedes Paar der Ketten aufgehangen, so daß diese eine egale Spannung erhalten und die Kettenglieder durch die von ihnen getragene Last keiner Verdrehung unterworfen sind.

Die, von einer vertikalen Stange bis zur andern, fünf Fuß betragenden Zwischenräume sind bis zu der Höhe von fünf Fuß mit eisernen Maschen versehen, welche sechszöllige geschobene Quadrate (Rautenvierungen) bilden. Sie dienen als Barriere zur Sicherheit der Vorübergehenden, und tragen auch zur Festigkeit des Ganzen bei.

Obgleich die eigentliche Brücke nicht länger ist, als dreihundert und ein und sechszig Fuß, so beträgt doch die Länge der Hauptketten vierhundert und zwei und dreißig Fuß, von einem Aufhängepunkte bis zum andern gerechnet. Sie machen bei ihrem Abgang einen Winkel von zwölf Graden mit der Horizontallinie, und ihre mittlere Neigung be-

trägt ungefähr einen Fuß auf sieben Fuß Länge. Der Pfeil des mittelsten Paares beträgt ungefähr sechs und zwanzig Fuß. Jede dieser zwölf Ketten mit ihren Anhängseln wiegt ungefähr 20 Tonnen, und das Gewicht der ganzen Brücke, von einem Aufhängepunkt bis zum andern, beträgt gegen hundert Tonnen (2000 Centner).

Auf dem schottischen Ufer des Flusses gehen die Ketten über einen gemauerten Pfeiler von sechszig Fuß Höhe, sechs Fuß mittlerer Breite und siebenzehn und einen halben Fuß Dicke; seine Basis ist bis zu der Höhe von zwanzig Fuß ein Parallelepipedum und wird hierauf in einem solchen Verhältniß pyramidalisch, daß auf zwölf Fuß in der Horizontallinie ein Fuß Neigung kommt. Dieser Pfeiler ist von einem gewölbten, zwölf Fuß breiten und 17 Fuß hohen Thor durchbrochen, welches zur Brücke führt. Jedes Kettenpaar geht durch diesen Pfeiler, vermittelst Oeffnungen, welche in vertikaler Richtung zwei Fuß weit von einander entfernt sind; von hier gehen sie über Kloben, weshalb ihre Glieder an dieser Stelle gehörig verkürzt sind, damit sie die Kloben so viel als nöthig umfassen können. Hierauf gehen die Ketten schräg (wie man bei Figur 4. sieht), bis zu der Tiefe von vier und zwanzig Fuß zum Boden hinab, wo sie durch ungeheure Platten von Gußeisen geführt, und unter diesen mit transversalen Bolzen angeriegelt sind, deren Durchschnitt eine Ellipse von drei Zoll zu drei und einen halben Zoll ist. Diese Platten sind

sechs Fuß lang, fünf Fuß breit, in der Mitte fünf Zoll, an den Rändern aber nur zwei und ein halben Zoll dick. Man belastet sie bis zum Niveau des Bodens mit Steinen nnd andern schweren Materien.

An dem englåndischen Ufer der Tweed ist der Pfeiler, welcher die Ketten trägt, auf einen Sandsteinfelsen gegründet und nur zwanzig Fuß hoch; seine übrigen Dimensionen sind wie die des vorstehend beschriebenen Pfeilers. Die Ketten laufen hier nicht über Kloben, wohl aber über Wülste von Gußeisen. Die Ballastplatten haben die nämlichen Dimensionen, wie die vorhergehenden; allein man hat sie, fast in gleicher Höhe mit dem Grunde des Pfeilers, in Felsen eingelassen, und ihnen dabei eine so geneigte Stellung gegeben, daß ihr Plan der Richtung der Gewalt, welcher sie widerstehen müssen, perpendikular wird; überdem stützen sie sich gegen einen horizontalen Bogen von Mauerwerk, dessen Grundlagen schwalbenschwanzartig in die Masse des Felsens eingefügt sind. Von dieser Seite kommt man, ohne durch den Pfeiler zu gehn, wie man es in der Abbildung sehen kann, auf die Brücke. Die Passage darüber wurde am 26sten Juli 1820 eröffnet.

Dieser schöne Bau bietet dem Auge den interessantesten Anblick. Seine Leichtigkeit, seine weite Ausdehnung, seine zierliche Krümmung machen, daß man ihn nicht mit Unrecht einem verkehrten Regenbogen vergleichen darf. Stevenson sagt:

„Wer eine Reise unternimmt, um diese Brücke zu sehen, wird es nicht bedauern. Aus einem andern Gesichtspunkte betrachtet, das heißt, als ein großer Schritt zur Vervollkommnung einer Kunst von außerordentlichem Nutzen, nimmt sie das Interesse jedes Landes in Anspruch. Ihr Beispiel muß allenthalben, wo die Erbauung der Brücken von Steinen oder gußeisernen Gewölben durch örtliche Verhältnisse erschwert wird, und da, wo ökonomische Verhältnisse zu berücksichtigen sind, den Gedanken zu Erbauung von Hängebrücken erregen; denn sie können an jeder Stelle, und in Vergleich zu den übrigen Bauarten sehr wohlfeil ausgeführt werden."

Da diese schöne Brücke vom Kapitain Brown für die Summe von 5000 Pfund Sterling hergestellt wurde, während eine eben so große steinerne Brücke vier Mal so viel gekostet haben würde; so fand sich die Gesellschaft der Actionairs dieses Brückenbaues in ihren Erwartungen so vollkommen befriedigt, daß sie dem geschickten Ingenieur 1000 Guineen über den verabredeten Preis zahlte.

Der hängende Hafendamm zu Briggton *).

Eine sehr wichtige und zweckmäßige Anwendung macht man von diesem Bausystem bei Hafendämmen an Stapelplätzen, um das Aus- und Ein-

*) Siehe Edimb. Philos. Journ. No. XI. p. 22 etc., und Annales de l'industrie nationale etc. tome XVI. p. 291.

laden an solchen Stellen zu erleichtern, welche bei unruhiger See viel von den Wellen zu leiden haben.

Unweit Edimburg, im Hafen Newhaven, bei Briggton, hat man einen solchen Hafendamm über den Meeresarm Frithofe Forth angelegt. Der Gebrauch des alten steinernen Dammes hatte Streitigkeiten veranlaßt und war überdem auch bei großen Stürmen gefährlich. Die bei der Schifffahrt von London nach Leith, Edimburg und Glasgow interessirte Handelskompagnie forderte den Erbauer der Unionbrücke, Kapitain Brown, zur Anlegung eines hängenden Hafendammes auf, den er auch im Jahr 1822 ausführte. Figur 5. zeigt den Grundriß und Figur 6. die Seitenansicht dieses Baues. Man hat ihm den Namen „Dreieinigkeits-Hafendamm" gegeben, nach dem Namen der Handelsgesellschaft, welche die Baumaterialien für die vorzüglichsten Häfen Englands besorgt.

Der herrliche Hafendamm von Briggton ist 1134 englische Fuß lang. Er hat ein Ansehn von Leichtigkeit und Eleganz, von dem man sich, ohne sich selbst davon überzeugt zu haben, keine Idee machen kann. Er ist in vier Joche abgetheilt, wovon jedes 260 Fuß Länge hat, und endigt mit einer, einen Kopf A, B, C, D Fig. 5. vorstellenden, Plattform, welche, mit Steinplatten belegt, hundert Fuß lang und vierzig Fuß breit ist und an ein Quadrat E, F, G, H von sechszig Quadratfuß grenzt.

Der Fußboden ist zur Zeit der Ebbe dreißig Fuß hoch über dem Niveau des Meeres, und selbst das geübteste Auge ist nicht im Stande, an ihm auch nur die geringste Biegung zu bemerken. Die Pfeiler I, K, L, M, aus gußeisernen drei Zoll dicken Platten gebildet, sind ungefähr fünf und zwanzig Fuß hoch; sie ruhen auf Grundpfählen von Tannenholz, welche einen Quadratfuß stark sind, und ihre Structur, an der Basis breiter als oben, giebt einen Anblick, welcher, hinsichtlich ihrer Dauer, dem Auge genügt. Man hat zu diesem Hafendamm vier Ketten, jede zu ein und zwanzig Linien Durchmesser, angewendet, welche eben so wie bei dem vorstehend beschriebenen Bau paarweise vereinigt sind, so daß die vertikalen Stäbe jedesmal von zwei Ketten getragen werden. Unter dem Fußboden befinden sich, so lang als die Brücke ist, zwei auf der schmalen Seite liegende Schienen von zwei Zoll Höhe und einem halben Zoll Dicke; sie werden von den vertikalen Stäben gehalten, welche zu diesem Zweck an ihrem Ende eine Gabel haben. Die Höhe der Stange bestimmt sich nach der Stärke des Vorsteckers, welcher sie in der Gabel zurückhält.

Auf diesen Schienen ruhen die Querhölzer, welche den aus dreizölligen Tannenbohlen bestehenden Fußboden tragen.

Die Ketten an der Küsten-Seite sind zehn Fuß tief im Erdboden an große gußeiserne, wie ein Anker mit runder Kappe gestaltete Stücke be-

festigt; von der andern Seite verlängern sie sich unter einem Winkel von 45 Graden bis in das Meer, wo sie durch starke hölzerne Kasten fest gehalten werden.

Das Anlegen der Schiffe geschieht im Innern der Plattform, wo man in verschiedenen Höhen Anlegestellen mit Treppen angebracht hat.

Das Geländer ist von Gußeisen; es geht nicht blos um die Brücke und die Plattform, sondern auch um die Pfeiler herum, wobei es einen Raum von sieben bis acht Fuß läßt, damit man rund herum gehen kann. Der Erbauer hat das Talent, überall das Nützliche mit dem Angenehmen zu verbinden; dies sieht man vorzüglich an den acht kleinen Kammern, welche er im Innern der acht Pfeiler angelegt hat; jede derselben, zu den verschiedenen Bedürfnissen des Brückendienstes bestimmt, ist sieben und einen halben Fuß breit und zwölf Fuß lang.

Brown hat mehrere hundert Versuche über die Zähigkeit des Eisens angestellt, um den verschiedenen Stücken des Systems die gehörige Stärke zu geben. Er fand im Durchschnitt, daß ein Cylinder von $1\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, wenn er seiner Länge nach gezogen wird, durch ein Gewicht von 1470 Centner zerrissen wird, und daß er von einer Last, welche ungefähr drei Fünftel des vorigen Gewichts beträgt, anfängt sich zu strecken. Folglich hat er seine Ketten, welche aus zwei Arten, nämlich aus $\frac{7}{8}$ zölligen und aus $\frac{3}{4}$ zölligen, Gliedern

bestehn, mit einem Gewicht von 882 Centnern oder 40 Tonnen erprobt.

Die nach dem hier angegebenen System erbaueten, hängenden Hafendämme verdienen nach Browns Ansicht den Vorzug vor den gemauerten. Bei heftigen Stürmen darf man sich den steinernen Dämmen nicht ohne Gefahr nahen, während der durchsichtige Bau jener, die Wellen ohne Zurückprallen durchläßt; die Art von Gitter, welche ihnen die Plattform entgegensetzt, zertheilt sie so gut, daß man zu jeder Zeit und ohne Schwierigkeit unter dem Wind daselbst anlegen kann. In ökonomischer Hinsicht verdient dies Bausystem ebenfalls alle Berücksichtigung und vor jedem andern den Vorzug; und was die Dauer anbelangt, so kann sie unbegrenzt gemacht werden, wenn man die Grundpfähle, je nachdem sie untauglich werden, durch neue ersetzt, was übrigens sehr leicht ist.

Die aufgehängten Brücken werden in England bereits ein Gegenstand der Ausfuhr. Der Ingenieur Brunel, ein geborner Franzose, hat zwei derselben erbaut, welche nach der französischen Insel Bourbon gebracht werden sollen. Die eine besteht aus zwei halben Bogen, und die andere aus Einem Bogen von 114 Fuß Weite. Beide sind zur Ueberfahrt von leichten Wagen bestimmt. Durch den Zug von Ketten, welche von oben nach unten gehn, sollen sie gegen die Winde geschützt werden.

Die Drahtbrücke, welche bei Annonay, im Departement Ardèche, in Frankreich, vom Fabrikant Seguin erbaut ist.

Sie ist die erste nach diesem System in Frankreich erbaute Brücke. Die Gebrüder Seguin, Tuchfabrikanten zu Annonay, haben sie ausgeführt.

Die Stelle des Flüßchens, über welche sie nur ausgespannt, aber nicht aufgehängt ist, wird auf beiden Ufern von zwei Felsenwänden eingeengt, welche als bequeme und dauerhafte Widerlagen dienen. Ein aus acht Drahtfäden, von $\frac{1}{2}$ Zoll, bestehender Bündel ist mit seinem Ende an einen, in den Felsen eingelassenen, eisernen Bolzen befestigt; von hier aus geht er in einer Höhe von zehn Fuß über den Fluß und umfaßt am andern Ufer die Hälfte eines horizontalen, drei Zoll im Durchmesser haltenden Klobens, dessen Axe ebenfalls ein in den Felsen eingelassener Bolzen ist. Der Bündel kommt nun, seiner ersten Richtung parallel, auf das erste Ufer zurück, geht dort anfangs über einen Kloben, welcher ihn in paralleler Lage erhält, hernach über einen zweiten Kloben, durch welchen er in der nöthigen Distanz erhalten wird, damit er bei seiner zweiten Rückkehr, etwas weniger als die Breite der Brücke beträgt, von dem ersten entfernt bleibt. Nun kehrt er über einen zweiten, am zweiten Ufer angebrachten Kloben zurück, und kommt endlich parallel wieder, um sich auf einem Bolzen zu endigen, welcher an dem Ufer angebracht ist, von wel-

chem der Bündel zuerst ausging. Diese vier Hin- und Hergänge des Drahtbündels stellen zwei Drahtstreifen vor, welche die beiden Ränder der Brücke tragen, und über die, in gewisser Entfernung von einander, Querbalken befestigt sind, welche die langen, als Fußboden dienenden, Bretter tragen. Ein auf beiden Seiten der Brücke in der Höhe, daß man mit dem Ellbogen darauf ruhen kann, ausgespannter Drahtbündel, von welchem Fäden herabgehen, die an den beiden äußersten Bündeln der Brücke befestigt sind, dient als Barriere. Um alles Seitenschwanken der Brücke zu verhindern, ist sie in ihrer Mitte mit Drahtfäden an große Steine im Flußbette fest gemacht. In Betracht der scheinbaren Schwäche des Baues, betritt man diese Brücke anfangs mit einiger Furcht; wenn man aber beim weitern Vorschreiten sich überzeugt, daß sie weder schwankt noch sich beugt; so wird man bald beruhigt und empfindet ein Wohlgefallen, auf so luftigem Wege sicher einher schreiten zu können.

Zu den Vortheilen dieser fünf und funfzig Fuß langen und etwas über zwei Fuß breiten Brücke darf man noch ihre außerordentliche Wohlfeilheit rechnen. Seguin giebt folgende Kostenberechnung an:

Von dem zu dieser Brücke gebrauchten Draht kostet das Pfund Markgewicht (zu sechszehn Unzen) 11½ Sous. Davon sind gebraucht 24 Pfund

13 Fr. 75 Cent.

	Fr.	Cent.
Transp.	13 Fr.	75 Cent.
Kloben und ihre Bolzen . . .	5 —	- —
Kleine Querhölzer zum Tragen der Bretter	3 —	- —
Bretter, die Brücke der Länge nach zu belegen	14 —	- —
Seguin hat sich das Vergnügen gemacht, die Brücke eigenhändig zu erbauen; er hat daher kein Arbeitslohn bezahlt, veranschlagt dies aber, um eine runde Summe zu machen, mit	14 —	25 —
Folglich betragen sämmtliche Kosten dieser 55 Fuß langen und ungefähr zwei Fuß breiten Brücke .	50 Fr.	- Cent.

Nichts ist wohl für dies Brückenbau-System empfehlender, als die vorliegende Kostenberechnung; besonders da fast überall dieser Bauart entsprechende Localitäten gefunden werden.

Drahtbrücke über die Rhone.

Durch den glücklichen Erfolg des ersten Versuchs aufgemuntert, beschäftigt sich Seguin jetzt mit einem größern Projekt. Er will nämlich anstatt der Fähre, welche zwischen den beiden durch die Rhone getrennten Städten Tain und Tournon bis jetzt zur Communication gedient hat, eine an Eisendraht-Seilen oder Bündeln aufgehängte, beständige Brücke über die Rhone bauen.

Dies Projekt wurde vom Conseil der Brücken und Chausseen, zu Paris, mit Beifall aufgenommen. Am 30. Sept. 1823 kam eine Gesellschaft überein, den Bau dieser Brücke, welcher auf 80,000 Franken veranschlagt ist, auf ihre Kosten zu unternehmen, wogegen ihr die Concession gegeben wurde, in einem Zeitraum von neun und neunzig Jahren ein bestimmtes Brückengeld zu erheben, um ihr vorgeschossenes Kapital nebst Zinsen wieder einzuziehen.

Auf jedem der beiden Ufer, und in der Mitte des Flusses ist ein auf Grundpfähle gemauerter Pfeiler errichtet. Diese drei Pfeiler theilen die Breite des Flusses in zwei gleiche Theile ab, über welche zwei auf dem mittelsten Pfeiler, welcher zu diesem Zweck durchbrochen ist, zusammenstoßende Brücken geschlagen werden, die, nur eine Brücke bildend, in der erforderlichen Höhe auf folgende Art aufgehängt sind:

Das Hängesystem besteht aus einer Anzahl Bündel von Eisendraht, zwei Millimeter (ungefähr Eine Linie) im Durchmesser betragend, welche mit einem Ende oben an die erste Widerlage der Brücke befestiget sind, und über einander geordnet zwei vertikale Flächen bilden, die in der Breite derselben Brücke von einander entfernt sind. Mit dem andern Ende werden die Bündel oben an den mittelsten Pfeiler gehängt, wodurch sie, obgleich stark angespannt, die natürliche Curve der Kettenlinie annehmen. Ein ähnliches und auf gleiche Weise

geordnetes Bündelsystem wird über die andere Hälfte des Flusses gespannt. Die Spannung der Drahtbündel kann durch Schraubenmütter, worin sie sich endigen, vermehrt oder vermindert werden. Von diesen Bündeln oder ungedreheten Metallseilen sind auf jeder Seite der Brücke zehn Stück.

Von ihnen gehen, in gehörigen Abständen von einander, hinlänglich starke Drahtfäden vertikal herab, woran gußeiserne Querstücken befestigt sind, welche, in Gestalt kleiner Fußbodenlager, den fast horizontalen Boden der Brücke tragen. Dieser Boden besteht aus eichenen Bohlen, die überdem noch mit Brettern von Pappelholz belegt sind.

Ein Drahtgitter, dessen Maschen zehn bis zwölf Quadratcentimeter groß sind, dient als eine $1\frac{1}{2}$ Meter hohe Brustwehre. Alle Metalltheile werden sorgfältig mit mehreren Vernisanstrichen überzogen und in diesem Zustande erhalten.

Beschreibung der Eisendrahtbrücke zu Genf.

Durch Seguin's Beispiel veranlaßt und durch seinen Rath unterstützt, übernahm der Ingenieur Oberstlieutenant Dufour in Genf den Bau einer Drahtbrücke über zwei Stadtgräben in Genf, zwischen der Promenade St. Antoine und den Trancheen. Die Kosten dieses Baues wurden auf 16,000 Franken veranschlagt. Gegen ein geringes, zwanzig Jahre lang zu erhebendes Brückengeld wurde die ganze Summe binnen zwei Tagen von 70 Actionairs zu 500 Fr. gedeckt.

Der Raum, über welchen die Brücke geschlagen ist, beträgt $81^{M},95$; er ist von einer Bollwerkswehre von $25^{M},43$ Breite durchschnitten. Der große Graben ist $33^{M},45$, der andere $23^{M},07$ breit (Siehe Tafel II.). Die Localitäten machten, daß man der Brücke 2 Meter Hang von innen nach außen geben mußte; dadurch ist nur die Symmetrie in der Form der Seile etwas gestört. Auf der Bollwerkswehre ist ein Pfeiler errichtet, welcher den Raum in zwei Theile theilt, so daß jeder Brückenbogen von seiner Widerlage bis zu dieser Zwischensäule 40^{M} beträgt. Die Widerlagen und der Pfeiler sind 4^{M} hoch, $3^{M},80$ breit und in der Mitte mit einer Thoröffnung durchbrochen, welche $1^{M},80$ breit und $3^{M},10$ hoch ist; ihre Dicke ist nicht gleichmäßig.

Innere Widerlage. Hier mußte man zwei Behältnisse, das eine für den Thorwärter, das andere für einen dienstthuenden Gendarme anbringen; beide sind durch einen 6^{M} langen und $1^{M},80$ breiten, leicht mit Ziegelsteinen gewölbten Durchgang getrennt; die Bogenpfeiler dieses Durchgangs dienen als Widerlagen. An ihren Enden Pilaster bildend, sind sie 1 Meter, in der Mitte aber nur $0^{M},60$ dick, wodurch die Behältnisse und der Durchgang vergrößert werden. Durch diese Einziehung wird der Durchgang $2^{M},10$ breit, so daß die Thüren nach innen geöffnet werden können. Die Mauer von $0^{M},60$ endigt sich oben durch eine Hervorragung in Gestalt eines gedrückten Bogens, sich auf die

gleich dicken Pilaster stützend. Hierdurch wird das Mauerwerk so fest, als ob es durchaus von gleicher Dicke wäre. Der Brücke perpendicular sind die Behältnisse 3M,50, und ihr parallel 4M,00 groß; ihre 0M,50 dicken Mauern haben nach der Grabenseite zu ein Fenster, und neben ihrer sich im Durchgang öffnenden Thüre ein kleines Schiebefenster zur Einnahme des Zoll- und Brückengeldes. Alle Ekken sind von behauenen Steinen, und überhaupt ist alles berücksichtigt, was zur Festigkeit des Mauerwerks dienen kann. Um das Gebäude vor Feuchtigkeit zu schützen, ist zwischen dem Erdreich der Brustwehr und dem Mauerwerk ein Durchgang angebracht. Unter dem Erdreich der Brustwehr ist auf der einen Seite ein Abtritt, auf der andern eine kleine Holzkammer gemacht.

Die zum Befestigen der Hängeseile, auf der Stadtseite in den Grund befestigten Tragestangen sind 1M,90 lang, 50 Millimeter hoch und 35 Millimeter breit; sie sind in Einschnitte gesetzt, welche im obern Theil eines Sandsteins angebracht sind, der eben so breit ist, wie der Pilaster; ein anderer, gleich großer auswendig als Sockel dienender Stein bedeckt den ersten; zwischen beiden durch zwei Klammern verbundenen Steinen sind die Stangen gelegt. Damit sich vom obern Stein durch die Last der Brücke nichts absprengt, ist auf der Abschnürung des Steins eine eiserne Schiene in einer Einfügung angebracht.

Die 80 Millimeter herausstehenden drei Trage-

stangen jedes Pilasters sind nach unten zu leicht als Haken gekrümmt; sie sind von Axe zu Axe 20 Centimeter von einander entfernt. In der Gegend dieser Stangen sind in dem behauenen Stein, welcher über den Pilaster gesetzt ist, Rinnen, worin die Hängeseile liegen. Auf dem Zwischenpfeiler und auf der äußern Widerlage sind eben solche Lager, von 1M Länge, 0M,80 Breite und 0M,45 Dicke, welche die ganze Breite des Pilasters einnehmen und an den Ecken ihrer Rinnen so abgerundet sind, daß sich die Drahtseile in einen Bogen von 50 Millimeter Halbmesser beugen, um ihr Zerreißen zu vermeiden. Um jede Friction zu vermeiden, können die Einschnitte mit Kupferblech ausgelegt werden. Diese Befestigungsart scheint die wohlfeilste und einfachste zu seyn.

Die äußere Widerlage ist nur 2 Meter dick, weil sie, wie der Zwischenpfeiler, nur die Brücke trägt, aber nicht dem Zug widersteht; denn die Bündel sind an eiserne Zugbänder gehakt, welche in ein, hinter der Widerlage in der Erde angebrachtes, Mauerwerk befestigt sind. Die Thüröffnung dieser Widerlage ist zwar ebenfalls nur 1M,80 breit; sie hat aber eine inwendige Erweiterung und einen Anschlag von 0M,15 für die Thüre, welche polizeilicher Verhältnisse halber hier angebracht werden mußte. Diese Erweiterung ist dem Ganzen nachtheilig; weil das Ende der nur zwei Meter breiten Brücke nicht in das Mauerwerk eingelassen werden kann, welches doch für die Genauigkeit des Fuß-

bodens sehr nothwendig ist. Die Pilaster haben eine Grundmauer, und die Lager der Seile ragen zehn Centimeter vor dem übrigen Mauerwerk vor; aus polizeilichen Ursachen ist diese äußere Widerlage mit Seitenmauern versehn.

Das unterirdische Mauerwerk, woran die eisernen Zugbänder befestigt sind, welche zur Befestigung der Bündel dienen, ruhet auf zwei gußeisernen Quadratplatten, jede von 1M,30 Fläche und 60 Millimeter Dicke, die mit der Richtung der Zugbänder perpendicular stehn; sie sind durch in Mörtel gelegte Tannenbalken verbunden. Diese Art Plateform ruhet auf einem gemauerten Lager; der Mittelpunkt der Platten befindet sich 2M,00 tief unter dem Erdboden. Das Mauerwerk hat eine schmale Basis, erweitert sich aber nach oben zu und überragt auf zwei Seiten die Platten. Die Zugbänder gehn durch die Platten und sind unten mit starken Schrauben befestigt; es ist ein Fehler, daß sie in Kalk gelegt und eingemauert sind; denn dadurch wird ihre Reparation erschwert. Dieser Uebelstand kann vermieden werden, wenn man die Zugbänder frei durch das Mauerwerk leitet.

Der Zwischenpfeiler ist der äußern Widerlage nur dadurch unähnlich, daß seine Thüröffnung keine Erweiterung und er selbst keine Seitenmauern hat. Da er auf den ebenen Boden der Bollwerkswehre gebauet werden mußte, so konnten die beiden Theile der Brücke nicht bis zu ihm geführt werden; dies ist sehr nachtheilig, weil man

hier zu kleinen Hülfswiderlagen seine Zuflucht nehmen mußte, und weil, durch die größere Entfernung von dem Pfeiler, in welcher die Brücke aufgehängt ist, die Vibration der Bündel vermehrt wird. Auf der äußern Seite, wo der Graben schmäler, und folglich die Brücke kürzer ist, wird dieser Fehler der Localität, noch bemerkbarer.

Das Aufhängen der Brücke. Die Brücke ist an sechs Drahtseilen aufgehängt, deren Enden auf den Lagern der Widerlagen ruhen, während ihre Mitte von den Lagern des Zwischenpfeilers getragen wird. Jedes Seil besteht aus 90 Drahtfäden von der Fabriknummer 14. Nach der Stadtseite zu sind sie an vertikalen 2M,60 langen, nach der Feldseite zu aber an geneigten 3M,50 langen Zugbändern befestigt. Ihre Länge ist so eingetheilt, daß das erste Paar (das heißt die links und rechts korrespondirenden Bündel) bis zur Höhe des Brückengeländers, und das zweite bis zum Niveau des Brückenbodens herabgeht; das zweite muß zwischen beiden bleiben. Der Pfeil der Curve beträgt für das mittlere Seil 3M,50. Die drei Seile einer und derselben Seite liegen auf den Widerlagen und auf dem Pfeiler in horizontaler Fläche; je mehr man sich aber dem untern Punkt ihrer Curve nähert, je mehr wird ihre Fläche vertikal. Die Seile bestehn aus zwei gleichen, sehr langen Theilen zwischen den Widerlagen und dem Pfeiler, und aus drei ungleichen weit kürzern Theilen, welche in den Lagern ruhen. Auf diese Weise bedarf man nicht

eines langen Lokals zum Verfertigen der Seile, und kann auch die alten durch heftige Friction in ihrem Lager beschädigten Seile leicht und wohlfeil ersetzen, weil man kein neues Seil, sondern nur ein kleines Stück einziehen darf. Man giebt den Haften, womit man die fünf Theile eines Seiles verbindet, verschiedene Längen, um ein Seil mehr als das andere, und zwar in mathematisch bestimmten Größen, herabhängen zu lassen.

Spulen, Strähnen und Sättel. Um die verschiedenen Theile eines Seiles zu vereinigen, gebrauchte Dufour zwei Spulen A und B Tafel IV., welche lang genug sind, alle Fäden aufzunehmen; sie gehn durch die Seilschleifen C und D, und werden durch zwei Strähnen E angehalten. Diese Strähnen kann man leicht in der erforderlichen Länge verfertigen, und durch sie dem Seile die nothwendig scheinende Spannung geben, indem man eine passende Distanz zwischen A und B wählt.

Durch gründliche Versuche hat Dufour ausgemittelt, daß eine Drahtschleife, in der Größe der von ihm hier gebrauchten, wenn sie über einen Stab von 40 Millimeter Durchmesser geht, durchaus nicht zerbricht; man kann daher die Spulen unbedenklich 45 Millimeter dick machen; ihre Länge betrug zwischen ihren Ohren 116 Millimeter. Figur 2. Tafel II. ist eine Spule besonders abgebildet. Sie ist hohl und von Metall der zweiten Schmelzung. Ein hohler Cylinder hat zwar bei gleicher Dicke mehr Kraft als ein massiver; dage-

gen ist aber bei kleinen hohlen Cylindern, wegen schwierigen Abformens zum Gießen, der Preis weit beträchtlicher. Damit nicht die Drahtfäden der Bündel da, wo sie in die Ringe der Zugbänder gehn, eine zu große Beugung machen müssen, werden sie über ein Sättelchen oder halben Ring von gegossenem Kupfer oder Metall gelegt. Die halb ringförmige Gestalt des Sättelchens ist deshalb gut, weil es dadurch in den Haken des Zugbandes gebracht werden kann, ohne ihn mehr zu öffnen, als (2 Centimeter) beim Einhängen der Drahtbündel. So kann der Haken ohne Feuer, blos mit Hülfe eines Schraubstocks durch Anlegung eines Ringes geschlossen werden. Figur 3, 4. Taf. II. und 5. Tafel IV. sind verschiedene Ansichten von Sättelchen.

Hängebündel. Durch kleinere Bündel, welche mit dem einen Ende an die Hängeseile, mit dem andern an die Querstücken der Brücke befestiget sind, ist die Brücke so an den Hängeseilen aufgehängt, daß der erste Hängebündel vom ersten, der zweite vom mittelsten, und der dritte vom untersten Hängeseil getragen wird; der vierte fängt wieder beim ersten Seil an. Die Hängebündel bestehn jeder aus 12 Drahtfäden und sind 1^{M},30 von einander entfernt. Mit ihrem untern Ende umfassen sie, vermittelst eines einfachen Ringes, welcher in einem auf seinen Ecken gerundeten Einschnitt liegt, die Querstücken der Brücke. Dieser Ring ist durch ein Band so zusammen ge-

zogen, daß das Querstück nicht heraus gleiten kann. Diese Aufhängeart ist sehr einfach; vielleicht aber wäre es besser, die Ringe oder Schleifen der Hängebündel in einen am Querstück angebrachten Haken zu hängen, so hätte man die Drahtfäden mehr unter Augen, um jede Alteration an ihnen augenblicklich wahrnehmen und repariren zu können. Oben gehn die Fäden des Hängebündels über die Seile, wo sie durch eine Wulst festgehalten werden. Diese Wulst wird blos mit einem ausgeglüheten Drahtfaden von No. 9 oder 10. gemacht, welchen man funfzehn Mal über das Seil wickelt. Der Ring oder die Schleife des Hängebündels wird dann durch ein Band unter dem Hängeseil zusammen gezogen, um vertikale Bewegungen zu verhindern. Die 12 Fäden eines Hängebündels sind also wie eine Schnur ohne Ende gebildet, und werden von einem geglüheten, spiralförmig um sie herumgewundenen Draht zusammen gehalten.

Bänder. Um dem Fußboden der Brücke eine gewisse Spannung zu geben, sind an jedem Ende der Brücke, ungefähr im dritten oder vierten Theil ihrer Länge, nach unten gehende Bänder angelegt; sie sind unten an starken, in die Mauer eingelassenen Krampen befestigt und haben oben einen Ring oder eine Schleife, durch welche ein horizontaler Bolzen geht, der von zwei eisernen, die Seitenstücke der Brücke umfassenden Schienen gehalten wird. Der Kopf der in die Mauer eingelassenen Krampe ist wie ein T (Siehe Fig. 6.

Taf. II.) gestaltet, so daß Spulen und Strähnen gebraucht werden können, um dem Band die nöthige Länge zu geben. Die Bänder verhindern hauptsächlich die vertikale Bewegung der Brücke; indessen widersetzen sie sich auch so viel als möglich, indem sie nach unten von einander laufen (divergiren), den horizontalen Vibrationen. Jedes Band besteht aus 32 Drahtfäden von No. 14., welche mit einem Spiraldraht umwunden sind.

Zimmerwerk. Die eigentliche Brücke ist 2 Meter breit und mit zwei eisernen, vom Hängesystem unabhängigen Geländern versehen. Zur Verminderung der Vibrationen muß man dem Zimmerwerk die möglichste Festigkeit geben, deshalb ist es auch hier aus fünf Längebalken zusammen gesetzt, welche mit Bolzen auf die Querhölzer befestigt sind (Siehe die Figuren 1 und 2. Tafel IV., welche die beiden Durchschnitte der Brücke darstellen). Die Randbalken sind durch Stücke verdoppelt, welche unter allen Querhölzern weggehen und ihnen als Gegenstütze dienen; diese untern Balken sind fast bis auf ein Drittel ihrer Dicke eingeschnitten, um die Querhölzer in diesen Einschnitten aufzunehmen; sie werden dadurch nicht schwächer *), weil sie, wenn die Brücke sich beugt, mit ihren Einschnitten

---

*) Peyronnets Versuch bewies, daß, wenn man ein Stück Holz bis auf die Mitte seiner Dicke quer durch säget und in den Sägeschnitt eine Metallplatte steckt, die Tragkraft des Holzes wohl vermehrt, aber nicht vermindert wird.

die Querhölzer umkneipen und diesen zu gleicher Zeit als Stütze dienen. Die 14 Centimeter dicken und 11 Centimeter breiten Querhölzer sind 1M,30 von einander entfernt, und haben eine Länge von 2M26; folglich ragen sie 13 Centimeter über den Rand der Brücke hervor. An dieser Vorragung, und namentlich auf ihren Ecken, sind die schon erwähnten 3 Centimeter breiten und eben so tiefen, in der Mitte sich auf Nichts reducirenden Einschnitte angebracht, welche zur Aufnahme der Hängebündel dienen. Die Balken sind 15 Centimeter dick und 11 Centimeter breit; die untern eingeschnittenen Stücke sind 17 Centimeter dick und 11 Centimeter breit. Beide erstrecken sich von einem Ende der Brücke bis zum andern; sie sind an ihren Enden durch den Jupiter-Schnitt vereinigt; dieser von dem Zimmermeister Messaz zu Genf gebrauchte Schnitt verdient die Aufmerksamkeit der Baumeister; er ist mit doppelten Zapfen und widersteht in beiden Richtungen, ohne Bolzen; ein guter hartholziger, mit dem Hammer hineingetriebener Schließkeil bewirkt die Festigkeit der Vereinigung, welche durch die Figuren 7 und 8. Tafel II. deutlicher dargestellt ist, als es durch eine Beschreibung geschehen kann. Die Zwischenbalken sind durch kleine, acht Millimeter dicke Bolzen auf die Querhölzer befestigt; aber die äußern Balken sind mit den äußern Stücken und mit denselben Querhölzern durch die Geländerstäbe vereinigt, welche an ihrem untern Ende mit Schraubenwindungen ver-

sehen sind, um in eine Schraubenmutter gehn zu können. Dies ganze Holzwerk ist sehr sorgfältig aus Lerchentannen gearbeitet; der Fußboden aber besteht aus gewöhnlichem Tannenholz; die Bretter sind nur 4 Centimeter dick; kleine Bohlen von 5 bis 6 Centimeter Dicke sind zu diesem Gebrauch noch zweckmäßiger. Die specifische Schwere des Lerchentannenholzes und des gewöhnlichen Tannenholzes verhält sich ungefähr wie 3 zu 2. Die Bretter stehn auf jeder Seite 2,5 Centimeter über den Randbalken hervor, so daß sie also 2M,05 lang sind; ihre Breite ist sehr verschieden, und man hat nur darauf geachtet, daß die Mitte jedes Querholzes von der Mitte eines Brettes bedeckt wurde, um das erstere gegen die nachtheiligen Wirkungen des Regens zu schützen.

Das eiserne Geländer ist vom Boden an 1M,05 hoch und besteht aus Stäben, einer Handlehne und zwei Seitenschienen. Die Stäbe und die Handlehne sind rund und 20 Millimeter dick; die Seitenschienen sind kleine, platte, 20 Millimeter breite und 5 Millimeter dicke Stangen. Am Fußboden stehn die Stäbe blos in einer Rinne, und eine leicht vernietete Ringschraube verbindet sie oben mit der Handlehne. Die Seitenschienen, welche nebst den Handlehnen von einem Ende der Brücke bis zum andern aus einem zusammengeschweißten Stück sind, gehen durch die Stäbe. Die äußersten Stäbe, woran sich die Handlehnen und die Seitenschienen endigen, haben 28 Meter

Durchmesser und sind mit kupfernen Kugeln geschmückt. An den Seiten des Mauerwerks sind anstatt dieser Kugeln Müffe angewendet, worin die Handlehne bei heftigen Erschütterungen oder bei Temperaturveränderungen weichen kann. In derselben Absicht hat man auch den Seitenschienen zwei Centimeter Spielraum gelassen, der ihnen auch in den Löchern der übrigen Stäbe nicht fehlt. Es ist unbequem, daß man, um die mit den Stäben korrespondirenden Bohlen zu ersetzen, das Geländer wegnehmen, oder an ihren Enden eingekerbte Bohlen einlegen muß, was wieder einen unangenehmen Anblick gewährt. Wenn das Ende der Bohlen in einem auf den äußern Balken gemachtem Lager ruhete, so daß das Obere der Balken mit dem Obern der Bohlen gleich wäre und die Geländerstäbe außerhalb der Bohlen ständen, so hätte dies Unbequeme vermieden werden können; dies würde aber den Aufenthalt des Regenwassers zwischen den Balken und den Bohlen, und folglich die Fäulniß des Holzes sehr begünstigen. Zur Erleichterung des Aufhebens der Stäbe ist ihr Niet in der Handlehne sehr dünn, so daß sie ohne Anstrengung herausgenommen und mit einem neuen Niet hernach wieder eingesetzt werden können.

Das Gewicht der Brücke besteht 1) aus dem Gewicht der Hängeseile und der Hängebündel; 2) aus dem Gewicht des Zimmerwerks und des Geländers; 3) aus dem Gewicht einer Anzahl Personen, die sich auf einmal auf der Brücke oder

vielmehr auf der Hälfte der Brücke, weil sie nämlich aus zwei Theilen besteht, befinden können. Wenn auf jedem Querholz der Brücke sechs Personen stehn; so beträgt dies für die 26 Querhölzer der großen Brücke 156 oder in runder Summe 160 Personen; allerdings trägt die Brücke weit mehr; es ist aber unwahrscheinlich, daß auf einmal mehr Menschen darüber gehen werden. Jede Person zu 65 Kilogrammen angenommen, beträgt ihr Gesammtgewicht 10,430 oder in runder Summe 10,500 Kilogrammen.

Das Holz muß auf Kubikmaß reducirt werden, um sein Gewicht zu finden.

Lerchentannenholz	5 Balken	Länge . .	$34^{M},00$	2,805
		Gesammtbreite	$0^{M},55$	
		Dicke . .	$0^{M},15$	
	Die 2 eingeschnittenen unteren Stücke	Länge . .	$34^{M},00$	1,272
		Gesammtbreite	$0^{M},22$	
		Dicke . .	$0^{M},17$	
	25 Querhölzer 1 zu $2^{M},26$	Gesammtlänge	$56^{M},50$	0,870
		Breite . .	$0^{M},11$	
		Dicke . .	$0^{M},14$	
			in Summa	4,947.

Fünf Kubikmeter, in runder Summe gerechnet, wiegen, den Kubikmeter zu 900 Kilogrammen angenommen 4500

Transp. 4500

Fußbodenbelegung von Tannenholz.

Länge	34M,00	2,788 Kub. Meter, zu 550 Kil. den Meter .	1533
Breite	2M,05		
Dicke .	0M,04		
Die Barrieren wurden vorher gewogen mit			1020
Nägel und Bolzen			147
		Total-Summe	7200.

Um das dritte Gewicht zu berechnen, sucht man entweder durch Gleichung der Kettenlinie, oder durch den sie im Profil ersetzenden Kreisbogen, welcher nur sehr wenig davon differirt, die Länge des mittelsten Seiles. Da die Entfernung zwischen den beiden Aufhängepunkten 40M,00 und der Pfeil der Krümmung 3M,50 beträgt; so finden wir die gesuchte Länge mit 40M,90. Jedes Seil hat 90 Fäden; folglich haben sechs Seile 540 Fäden, wovon jeder 41 Meter lang und 2,1 Millimeter dick ist (dies ist No. 14.). Außerdem haben wir 50 Hängebündel von 12 Fäden, welche im Durchschnitt 2 Meter lang und so dick sind, wie die erstern. Die gänzliche Auseinanderwickelung dieser Fäden beträgt also 23340, die wir einiger noch nicht gerechneten Bänder wegen auf 24000 Meter anschlagen wollen. Diese 24000 Meter eines Drahts, dessen Durchschnitt 3,464 Quadrat-Millimeter beträgt, machen ein Volumen von 0,083 Kubik-Meter. Da nun das Gewicht von einem Kubik-Meter geschmiedeten Eisens 7800 Kilogrammen beträgt;

so werden unsere Drähte insgesammt 647 Kilogrammen wiegen; das Gewicht der Spulen, wovon jede gegen 1 Kilogramme schwer ist, dazu gerechnet, haben wir 700 Kilogrammen.

Gewicht von 160 Personen	. .	10500 Kil.
„ der Brücke	. . . . . .	7200 „
„ der Seile und Bündel	.	700 „
„ unvorhergesehenes	. . .	100 „
	Total-Summe	18500 Kil.

Alles Holzwerk der Brücke wurde mit einem doppelten Anstrich von Bleiweiß-Vernis, das Eisen aber mit einem guten Anstrich von schwarzer Farbe überzogen, nachdem die Seile schon zweimal mit trocknendem Oel bestrichen worden waren. Diese Vorsicht ist besonders bei den Seilen nöthig, um sie vor dem Rosten zu bewahren, dem die bedeutende Anzahl ihrer Fäden, den Einflüssen der Witterung eine große Oberfläche darbietend, sehr ausgesetzt ist.

An der so vollendeten Brücke nimmt ein eigener Charakter von Leichtigkeit und Eleganz die Bewunderung des Schauenden in Anspruch.

Die Baukosten betragen 16350 Franken, nämlich:

Mauerwerk der Widerlagen und des Pfeilers	4100 Fr.
Mauerwerk der Behältnisse, nebst Zubehör	3800 „
Transp.	7900 Fr.

Transp.	7900 Fr.
Geschmiedetes Eisen und grobe Schlosserarbeit zu den Eingangsthoren .	2800 =
Eisendraht und Arbeitslohn . . .	1940 =
Ankauf des Holzes und Handarbeit .	2250 =
Blei, Kupfer, Sättel, Spulen, Weißblech und Vernis . . .	800 =
Erdarbeiten	160 =
Verschiedene Kosten, Entschädigungen u. s. w.	500 =
Sämmtliche Kosten betragen also	16350 Fr.

Der Anschlag, welcher sich auf 16154 Franken belief, ist sonach nur mit 196 Franken überstiegen. Die Brücke würde nur 11 bis 12000 Franken gekostet haben, wenn man nicht hätte Behältnisse und starke Thore dazu bauen müssen. Eine Brücke von 40 Meter Länge und 2½ Meter Breite, aus einem einzigen Bogen nach dem hier angegebenen System erbauet, würde nur gegen 8000 Franken kosten und dabei mit Eleganz und Dauer ausgerüstet seyn.

Seit dem 1. August 1823, wo diese Brücke dem Publikum geöffnet wurde, hat sie nicht die geringste Veränderung in ihrer Form erlitten, ohnerachtet sie durch den Zulauf von Neugierigen beträchtliche Lasten und Erschütterungen ausgehalten hat. Auch die großen Steinblöcke, welche den Widerlagen als Würfel dienen, wurden auf Wagen über die Brücke geführt.

Dufour hat neuerdings ein Projekt zu einer

Brücke von 150 Meter Weite entworfen, welche vier der schwersten Wagen auf ein Mal tragen soll; er sucht dabei ein neues Hängesystem unter dem Namen „vermischtes System" in Anwendung zu bringen, wo der Druck des Fußbodengetäfels den Zug der Widerlagen zum Theil kompensiren soll. Er sagt davon nur so viel: daß zu diesem Bau zehn Seile unter der Brücke angewendet werden, und daß der Fußboden ein Zimmerwerksystem von leicht gekrümmten Bogen bildet, welche sich gegen die Widerlagen stützen und von eisernen Säulen getragen werden, die selbst auf Seilen ruhen. Auch bei diesem Projekt soll der Eisendraht das geschmiedete Eisen ersetzen, wodurch große Einfachheit in der Ausführung und außerordentliche Ersparniß entsteht.

Der Ingenieur Navier, welcher von der französischen Regierung nach England geschickt wurde, um die Bauart der hängenden Brücken genau kennen zu lernen, giebt in dem Bericht über den Erfolg seiner Untersuchungen einen Plan zu einer Brücke von 493 Fuß Weite, welche bei dem Invalidenhause zu Paris über die Seine geschlagen werden soll; überdem liefert er einen Entwurf zu einer Brückenwasserleitung von 300 Fuß.

Der Graf Chabrol, Präfekt des Departements der Seine, will die Röhre einer Wasserleitung an eine einzige Kette von geschmiedetem Eisen aufhängen lassen, um sie über ein 292 Fuß breites Thal zu führen. Hoffentlich wird diese

scharfsinnige Erfindung in der Kunst der Anlegung von Wasserleitungen, Bewässerungskanälen, Schifffahrtskanälen u. s. w. große Verbesserungen veranlassen. Kleine, aus Zinn oder Kupferplatten verfertigte, an zwei parallelen Ketten aufgehängte Kanäle werden vielleicht in Zukunft die gebaueten Wasserleitungen ersetzen und nur den zehnten Theil der letztern kosten.

In Teutschland findet man eine Ketten- jedoch keine Hängebrücke bei Weilburg im Nassauischen; sie wurde dort im Jahr 1785 über die Lahn geschlagen und ist 185 Fuß lang. Außerdem finden sich noch einige solche Brücken in fürstlichen Parks, z. B. im Park zu Wörlitz bei Dessau; diese sind aber weniger ihres Nutzens als vielmehr ihrer Sonderbarkeit wegen angelegt.

Auf Veranlassung Sr. Durchlaucht des Herzogs von Anhalt Cöthen wurde im Mai dieses Jahres der Bau einer Hängebrücke über die Saale bei Männichen-Nienburg im Anhalt-Cöthenschen, angefangen. Sie wird 270 Fuß lang und 26 Fuß breit. Der Herzogliche Baurath Bandhauer, welcher sich schon bei andern Bauten in mehr als einer Hinsicht als einen sinnreichen Architekt gezeigt, hat den Plan zu dieser Brücke entworfen. In diesem Plan hat Herr Bandhauer dem Bausystem der Hängebrücken eine sehr bedeutende Verbesserung gegeben, indem er mitten in der Brücke einen Durchlaß für Schiffe mit stehenden Masten anzubringen verstand; dadurch wird die Anwendung dieser Brücken auf schiffbare Flüsse sehr erleichtert werden.

Zweites Kapitel.

Allgemeine Erfordernisse der Hängebrücken.

Unter den verschiedenen Erfordernissen beim Bau der Hängebrücken finden sich Fragen aus dem Gebiete der Mechanik, deren vollkommene Beantwortung mathematische Kenntnisse verlangt. Sie sollen um nicht den in der Mathematik unbewanderten Leser im Laufe des praktischen Vortrages unterbrechen zu müssen, dieser Schrift als Noten beigegeben werden, damit sie von Jedem nach Bedürfniß benutzt werden können.

Zuerst suche man das Gewicht zu finden, welches ein Drahtfaden von bekannter Größe tragen kann, ohne zu zerreißen. Die Länge des Fadens kann hierbei nicht berücksichtiget werden; denn er würde immer da zerreißen, wo sich eine schwächere Stelle fände: wenn wir ihn also als durchaus gleich annehmen, so ist die Wahrscheinlichkeit für alle Punkte dieselbe. Bei Untersuchungen über diesen Gegenstand läßt man gewöhnlich das Gewicht des Drahtfadens unberücksichtigt; wo aber große Längen in Gebrauch kommen, darf man das Gewicht derselben nicht ganz übersehen, denn die obern Theile werden um so eher zerreißen, als sie mit dem ganzen Gewicht der untern Theile belastet sind. Sikingen und Thenard, welche sich mit dergleichen Untersuchungen beschäftigt haben, rechnen einen

Drahtfaden von 2 Millimeter Durchmesser auf 242 Kilogrammen oder 500 Pfund; dagegen geben die Versuche von Seguin, dem ältern, zu Anonay, weit geringere Resultate, was vielleicht in den verschiedenen Qualitäten des Eisens, oder in der besondern Auswahl des dabei gebrauchten Drahts seinen Grund hat. Dem sey nun wie ihm wolle, aus Seguins Versuchen, welche mit gewöhnlichem Fabrikdraht angestellt wurden, ergiebt sich, daß ein Drahtfaden No. 15, eine Linie Durchmesser haltend, ohngefähr 200 Kilogrammen trägt und ein Einen Fuß langes Stück davon Eine Decagramme, oder jede hundert Fuß Eine Kilogramme wiegen. (Siehe die Anmerkung 1).

Wenn man das Gewicht ausgemittelt hat, welches ein Drahtfaden in vertikaler Richtung tragen kann; so sucht man das aufzufinden, was er in Gestalt einer Kettenlienie tragen würde. Hier findet man, daß, wenn die Last auf die ganze Länge der Curve gleichmäßig vertheilt wäre, wie es auch der Fall seyn soll, er eine Anstrengung aushalten würde, welche ohngefähr durch die achtfache Länge der Linie oder des Pfeils ausgedrückt wird, der die Krümmung an der Länge der Brücke selbst, mißt (Anmerkung 2). Ein Beispiel wird die Sache deutlicher machen. Der Fluß, über welchen wir eine Brücke schlagen wollen, macht zwei Widerlagen AB Tafel III Figur 2, nöthig, welche 100 Fuß weit von einander entfernt sind; wenn die Widerlagen zehn Fuß über der Brücke erhaben sind,

4*

so wird der Pfeil CD, oder das Maaß der Krümmung, ebenfalls 10 Fuß betragen; multiplizirt man nun 10 mit 8, so erhält man 80, welches, als der fünfte Theil von Hundert, zeigt, daß die Drahtfäden in dieser Lage nur $\frac{4}{5}$ von der Last tragen können, welche sie in vertikaler Richtung tragen würden: wenn man also hundert Drahtfäden anwenden wollte, von denen jeder nach Ausweis gemachter Versuche die Last eines vertikal daran gehängten Menschen trägt; so würden eben diese Fäden, eine Krümmung von 10 Fuß Pfeil bildend, achtzig Personen tragen. Je mehr man also den Hängeseilen Krümmung giebt, um so dauerhafter wird die Brücke seyn; sehr angespannter Draht würde vom leichtesten Gewicht zerrissen werden. Gäbe man in dem hier angeführten Beispiel, anstatt zehn Fuß nur Einen Fuß Pfeil, so würde sich der Widerstand zur Länge der Fäden wie 8 zu 100 verhalten, und dieselbe Brücke könnte anstatt 80 nur 8 Personen tragen.

Das Verhältniß der Länge des Drahts zu dem Pfeil der Krümmung läßt sich nicht leicht auf feste Regeln reduciren; denn die Lokalitäten, die Dimension der Brücken, die Materialien zu den Widerlagen u. s. w. können Abweichungen nöthig machen. Bei einigen großen Bauen haben die Engländer, wie wir im vorigen Kapitel gesehen haben, $\frac{1}{20}$ der Brückenlänge als Pfeil angenommen. Für kleine Dimensionen hält Seguin zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{12}$ für das passendste Verhältniß. Wenn die Curve in ihrer ganzen Länge nicht gleich-

mäßig belastet wäre, so würde die Anstrengung der Drahtseile und der Widerlagen größer seyn; berücksichtigt man aber, daß der Boden den größten Theil des Gewichtes ausmacht, so gewinnt man die Ueberzeugung, daß das Uebermaaß der Last, welches sich auf jedem Punkt isolirt befinden könnte, im Vergleich zur Gesammtlast nur unbedeutend seyn kann. Man sieht also, daß die Hauptschwierigkeit der hängenden Brücken in der Kenntniß von den Eigenschaften der Kettenlinie zu suchen ist (Anmerkung 3), und daß man durch die einfachsten Berechnungen die Bedingungen aller vorkommenden besondern Fälle leicht ausmitteln kann.

Hier wollen wir hauptsächlich nur von den Drahtbrücken handeln.

Wenn der Fluß, über welchen eine Brücke geschlagen werden soll, von erhabenen Felsen eingeengt, und nicht sehr breit ist, z. B. nur 60 bis 80 Fuß (Tafel III, Figur 1) so wird man wohl thun, die Passage unmittelbar über die Seile hingehen zu lassen; denn, da die Kosten der Widerlagen hier Null werden, so kann man, die Anzahl der Drähte vermehrend, den Pfeil der Krümmung vermindern, damit der Hang der Brücke nicht zu merklich wird. Diese Art von Brücken sind zwar dem Schwanken ausgesetzt und können fast nur für Fußgänger, und für Thiere dienen, welche ihren Weg öfter über diese Brücken nehmen müssen und deshalb an die schwankende Bewegung derselben gewöhnt sind; aber die Wohlfeilheit, die Leichtig-

keit und Schnelligkeit, womit sie ausgeführt werden können, sind Ursachen genug, um jene Unannehmlichkeit zu übersehen.

Nach der gewöhnlichen Methode wird der Fußboden der Brücke, wie man bei FF, Figur 2, Tafel III sieht, in horizontaler Lage an eiserne Seile A, D, B aufgehängt, welche durch vertikale eiserne Seile die Kettenlinie bilden. Dann geht die Communication durch das Innere der Widerlagen, auf deren Höhe die Seile befestigt sind. In vielen Fällen kann man von dieser Einrichtung abweichen, indem man dem Boden entweder diese oder jene Neigung und Gestalt giebt, oder indem man die Seile hinter dem Eingang der Brücke (siehe Tafel III, Figur 3) befestigt (einankert), und die Passage vor der Widerlage gehn läßt, wie es bei der im vorigen Kapitel beschriebenen Union-Brücke der Fall ist.

Wenn die Brücke aus keiner großen Masse besteht, so kann sie von unten herauf oder auch von der Seite (siehe Figur AB, CD), mit Tauen oder Seilen befestigt werden, so daß diese sich, soviel als möglich, der vom Schwanken hervorgebrachten Cumulation der Bewegung widersetzen. Eine beträchtliche Spannung des Drahts, oder, was gleichviel ist, ein sehr geringer Pfeil der Curve können die Masse bis zu einem gewissen Punkt ersetzen.

Ein heftiger Wind und ein im Geschwindschritt marschierendes Regiment Infanterie waren die härtesten Proben, welche die ersten Hängebrücken in Eng-

land aushielten. Im ersten Kapitel haben wir sogar gesehn, daß eine Brücke gänzlich vom Wind zertrümmert wurde, weil sie nicht durch unterwärts gehende Taue gegen vertikales Schwanken geschützt war. Dieser Nachtheil ist besonders da zu fürchten, wo die Stützpunkte zu weit von einander entfernt sind.

Das weitere Aufhalten bei diesen Betrachtungen vermeidend, wollen wir zur Untersuchung der Einzelnheiten einer Hängebrücke übergehn; um aber unsere Ideen besser zu fixiren, mag uns ein Beispiel dienen, welches nur seinen Zahlen nach verändert werden darf, wenn es für alle übrige in diesem Bausystem vorkommenden Fälle dienen soll. Es sey also die Rede davon, eine Hängebrücke für Fußgänger und Handpferde über einen Fluß zu schlagen, welcher, hundert Fuß breit, für Flösse und flache Barken schiffbar ist. (AB, Figur 2).

Drittes Kapitel.

Die Widerlagen.

Die Hängebrücken bringen auf ihren Widerlagen eine Wirkung des Zuges hervor, welche sich bestrebt diese Widerlagen in den Fluß hinab zu ziehn; hierin erblicken wir ein eben so leichtes als einfaches Mittel zur Berechnung der ihnen nöthigen Kraft. Sollen sie den Widerstand nur

durch ihr Gewicht leisten, so suche man genau die Last auszumitteln, welche der bis zum höchsten Punkt beschwerten Brücke als Gleichgewicht dienen kann.

Hat man ein Lokal vor sich, wo die Brücke an eine oder mehre eiserne Stangen, oder an Holzstücke, die durch eine besondere Anordnung feststehend zu erhalten sind, befestigt werden kann; so wird die Berechnung des Zuges, dem sie nach der Art, womit er wirkt, widerstehen können, ebenfalls das Mittel zur Bestimmung ihrer Dimension geben. Wenn wir nun annehmen, daß alle die Drahtfäden, welche eine Brücke ausmachen, eine Anstrengung von 30,000 Kiliogrammen zu ertragen vermögen; so müssen die Widerlagen selbst einer gleichen Anstrengung widerstehn können, damit beide Theile in Hinsicht ihrer Festigkeit mit einander übereinstimmen. In der Voraussetzung, daß dies Resultat auf verschiedenen Wegen erreicht werden kann, sollen hier unter den vielen möglicherweise vorkommenden Fällen, nur drei der vorzüglichsten ausgehoben werden, deren Berechnung zur Erläuterung aller übrigen dienen kann; nämlich:

1) Eiserne Taue, welche in lebendige Felsen befestigt werden;
2) Widerlagen von Mauerwerk;
3) Pfahlwerk von Holz.

1. Eiserne Taue.

Bekanntlich ist nicht alles Eisen in Hinsicht seiner Zähigkeit gleich. Um diese Eigenschaft zu er-

höhen, nehme man Eisenstangen von größerer Dimension als die, welche man nöthig hat, und strecke sie, bei nicht zu großer Hitze, bis sie die erforderliche Größe haben (Anmerkung 1). Man darf nicht immer von der Dehnbarkeit des Eisens auf die Zähigkeit desselben schließen; denn nicht selten trägt sprödes Eisen fast dasselbe Gewicht, wie geschmeidiges (Anmerkung 4). Für gewöhnliche Bedürfnisse kann man ohngefähr 150 Kilogrammen auf eine Quadratlinie, oder 120 Kilogrammen auf eine zirkelrunde Linie annehmen, in dem Zustande nämlich, wie es vom Hammerwerk in den Handel kommt. Uebrigens ist es sehr gut, besonders bei wichtigern Unternehmungen, wenn man mit Hülfe des auf Tafel IV, Figur 1 abgebildeten Apparats, Versuche anstellt, indem man die Stange belastet bis sie zerreißt.

Dividiren wir also 30,000 Kilogrammen mit 150, so erhalten wir 200 Quadratlinien; soll aber die Anstrengung auf mehre z. B. auf vier Punkte vertheilt werden, so dividirt man mit dieser Zahl (4) in 200, und erhält als Facit 50 Quadratlinien, die ziemlich in einer Stange von 7 Linien Seite, oder von 10 Linien Breite und 5 Linien Dicke enthalten sind. Nun bohrt man Löcher (AA, Figur 5 und 6, Tafel III.) von 8 bis 16 Zoll Tiefe in den Felsen; diese Tiefe bestimmt sich nach der Festigkeit des Felsens, und die Richtung der Löcher muß so seyn, daß der Zug, welchem die hineingesetzte Stange ausgesetzt ist, ge-

nau der Länge nach statt findet. Der größern Vorsicht wegen kann man eine Stange anwenden, welche ein oder zwei Linien stärker ist, als es die Berechnung verlangt; an ihrem untern Ende, welches den Grund des Loches einnehmen soll, macht man Kerbe; und wenn man sich überzeugt, daß sie aus gesundem Eisen besteht, so gießt man rund um sie herum Blei, aber keinen Schwefel; denn dieser greift endlich das Eisen an.

Wenn die Stange an ihrem Ende einen Ring A (Figur 5), haben muß; so wird man diesen am zweckmäßigsten dadurch bilden, daß man ihn ganz länglich zusammen beugt und nur unten zuschweißt, ihm auch genau nur die Größe des Hakens giebt, welchen er aufnehmen soll; auf diese Weise wird der Einfluß der Hebelkraft vermieden.

Soll sie sich in einem Haken A (Figur 6), endigen, so muß sie etwas länger gemacht werden als gewöhnlich, und am äußern Ende mit einer Wulst versehen seyn, um den Haken gehörig befestigen zu können. Es giebt aber auch Fälle, wo man die Taue nicht so anbringen kann, daß die Anstrengung genau in der Richtung statt findet, in welcher die Länge der Stangen steht. Ein Beispiel davon zeigt uns die Figur 3, wo es unmöglich ist, die Stangen in den Felsen einzulassen. Dieser Nachtheil kann vermieden werden, indem man ihre Dimension nach Verhältniß ihrer Länge vermehrt; nach der für diesen Fall zu befolgenden Regel giebt man der Stange so oft die, durch die

Berechnung angezeigte Dicke, als die Höhe die Hälfte der Dicke enthält (siehe Anmerkung 5.)

Wir haben gesehen, daß eine Stange von 7 Quadratlinien 7500 Kilogrammen trägt; sie wird aber nur 625 oder $\frac{1}{12}$ von obiger Zahl tragen, wenn sie mit einem Hebel von $3\frac{1}{2}$ Zoll wirkt; denn die halbe Dicke, $3\frac{1}{2}$ Linien, ist $\frac{1}{12}$ von $3\frac{1}{2}$ Zoll.

Hier haben wir noch zu betrachten, nach welcher Richtung die Anstrengung in Bezug zu den Dimensionen der Stange stattfindet. Es ist bekannt, daß eine eiserne Stange, ein Stück Holz u. s. w. auf der schmalen Seite (hohe Kante) liegend, größern Widerstand leistet, als auf der flachen Seite; da aber die Kraft einer Stange, wenn sie ausgelassen wird, offenbar zunimmt, weil sie in diesem Fall eben so wirkt, wie mehrere übereinander gelegte Stangen; so folgt daraus, daß, wenn man sie in der Richtung verstärkt, wo ihre Anstrengung stattfindet, sie in weit größerem Verhältniß an Kraft gewinnt. Die Theorie lehrt uns daß bei einer doppelten Dimension der Stange die Kraft vier Mal, bei einer dreifachen aber neun Mal beträchtlicher ist u. s. w.: dies ist das, was man in der Mathematik Quadratverhältniß nennt, oder das Verhältniß zweier Zahlen, wo die kleinere der größeren gleich wird, wenn man sie mit sich selbst multiplizirt.

Um also die Kraft einer einen Hebel bildenden Eisenstange zu finden, wenn man die Kraft einer andern kleinern Stange kennt, muß man ihre

Dimensionen vergleichen, und die Kraft der kleinern mit dem zweifachen Verhältniß der Dicke und mit dem einfachen Verhältniß der Breite vermehren. Wir haben so eben gesehen, daß eine Stange von 7 Quadratlinien 625 Kilogrammen trägt. Wollen wir also, daß sie, einen Hebel von $3\frac{1}{2}$ Zoll bildend, ihre vorige Kraft behalten soll; so muß man ihr 21 Linien Breite zu 10 Dicke geben; denn 21 enthält dreimal sieben, und 10 ist etwas mehr als $\frac{4}{3}$ von 7, dies giebt uns $3 \times 3 \times \frac{4}{3} = 12$ oder zwölf Mal $625 = 7500$.

Man hätte der Stange auch 14 Linien Höhe und 21 Linien Breite geben können; dies würde aber noch Einmal soviel Eisen erfordert, und nur dieselben Resultate geliefert haben.

Wenn der Hebel nur noch irgend lang ist, so muß man die Taue theilen, um den Felsen nicht zu sehr anzugreifen. Genaue Regeln lassen sich hierüber nicht aufstellen; denn die Cohäsion des Steines ist zu verschieden. Bei einigen Versuchen, welche Seguin über diesen Gegenstand anstellte, zersprang Kalkstein unter einer Last von 3000 Pfunden, während Granit, unter gleichen Verhältnissen, 12000 Pfund aushielt, ohne auch nur im geringsten beschädigt zu werden. Es muß daher Jeder, die Lokalität berücksichtigend, entweder nach dem äußern Ansehen oder nach Versuchen zu beurtheilen wissen, wie viel eine Felsenmasse oder ein

Stein unter den obwaltenden Verhältnissen zu ertragen vermag.

Wenn die Wirkung auf einem etwas langen Hebel statt findet; so bedarf man einer weit größern Masse von Eisen. Dies Eisen darf nicht weich seyn, weil es sich leicht biegen würde. Man kann daher hier Gußeisen gebrauchen, dessen Zähigkeit auf eine Quadratlinie 100 Pfund oder $\frac{1}{3}$ von der Zähigkeit des Schmiedeeisens beträgt (Anmerkung 6) Zur Ersparniß der Materie richtet man den Hebel so ein, daß er bis zu seinem Ende an Dicke abnimmt, denn da die Länge die Stärke bestimmt, welche er haben muß, so läßt sich die hier angegebene Berechnung auf jeden Zoll, ja, wenn man ganz genau verfahren will, auf jede Linie anwenden.

Die nähere Erörterung dieser Regel war deshalb nöthig, weil wir auf sie, die in unzähligen Fällen anwendbar ist, noch öfter zurückkommen werden. Niemals darf man Eisen, Holz, Mauerwerk u. s. w. anwenden, ohne sich vorher von dem überzeugt zu haben, was diese Materialien nach der Art ihres Widerstandes zu tragen vermögen, und ohne eine genaue Berechnung von der Anstrengung entworfen zu haben, welche sie zu erleiden haben werden. Könnte man diese Verhältnisse nicht ausmitteln, so müßten die Theile in der Art geordnet werden, daß sie allenthalben den nämlichen Grad des Widerstandes darböten.

2. Gemauerte Widerlagen.

Wenn das Gewicht und die Lage des Schwerpunktes der gemauerten Widerlagen die wesentlichsten Elemente ihrer Stabilität sind; so verdienen diese beiden Gegenstände unsere Aufmerksamkeit, bevor wir zur Betrachtung des Widerstandes übergehen.

Schwerpunkt nennt man den Punkt eines festen Körpers, welcher in Betracht zu den übrigen Theilen so angeordnet ist, daß, wenn der Körper bei diesem Punkt aufgehängt wird, er für alle möglichen Lagen, die man ihm geben kann, indifferent bleibt.

Ist der Körper regelmäßig und durchaus von derselben Beschaffenheit, so muß dieser Punkt nothwendig von den symmetrischen und entgegengesetzten Punkten gleich weit entfernt seyn; wenn er aber eine unregelmäßige Gestalt hat, so wird es oft sehr langweilig und schwierig, ihn durch Berechnung zu bestimmen. Das folgende Mittel, zwar keine außerordentliche Genauigkeit darbietend, ist doch für gewöhnliche Bedürfnisse hinlänglich: Man schneide einen Pappendeckel aus, bis er die Gestalt der Widerlage hat; dann hänge man ihn an einem Faden auf, dessen Stellung so lange verändert wird, bis die kleine Figur sich in dieselbe Lage versetzt, wie die, welche sie auf dem Boden einnimmt. Die Linie, welche durch die Verlängerung des Fadens geht, ist die Vertikallinie, worin sich der Schwerpunkt befindet.

Ein anderes Mittel dieser Art besteht darin, daß man eine kleine, der großen ähnliche, Widerlage in erhabener Arbeit macht, sie auf den Rükken einer Messerklinge oder auf jeden andern schmalen Körper legt, bis sie sich darauf im Gleichgewicht erhält; die Linie in welcher sie auf der Klinge erhalten wird, zeigt den Durchschnitt des Erd-Bodens durch die Fläche, wo der gesuchte Schwerpunkt enthalten ist.

Die Ausmittelung des Gewichts geschieht hierauf durch Berechnung des Umfanges der Widerlage, z. B. nach Kubikfuß, indem man das Resultat durch das Gewicht eines Kubikfußes Mauerwerk multiplizirt; das Gewicht des Mauerwerks ist zwar nach Beschaffenheit der dazu gebrauchten Materialien sehr verschieden, doch kann man annehmen daß ein Kubikfuß ohngefähr 120 Pfund wiegt. Nun multiplizirt man das Gewicht mit der Distanz J H (Figur 2, Tafel III), von der vertikalen Fläche, welche den Schwerpunkt enthält, bis zum Stützpunkt J, und dividirt mit der Höhe B H des Pfeilers. Dieser Pfeiler ist 10 Fuß lang, 8 Fuß breit und 10 Fuß hoch, welches 800 Fuß beträgt; ziehen wir hiervon den leeren Raum des Thores mit 300 Fuß ab, so bleiben noch 500 Kubikfuß, diese multiplizirt mit 120 = 60000 Pfund; dieser Betrag durch J H multiplizirt und durch B H dividirt reducirt sich auf 30000 Pfund, womit man sich auch begnügen kann, wenn das Gebäude mit gehöriger Sorgfalt und mit hinlänglich großen Ma-

terialien errichtet ist, um es als eine homogene Masse, die ihrer Beschaffenheit nach unveränderlich ist, betrachten zu können; diese Masse müßte aber vermehrt werden, wenn aus irgend einer Ursache ein Bruch oder eine Trennung der Theile im Augenblick ihrer Anstrengung zu fürchten wäre.

Wenn man in Hinsicht des Raumes nicht beschränkt ist, so gewährt die Anwendung der steinernen Widerlagen zu bloßen Stützen oder Trägern eine nicht unbedeutende Ersparniß; in diesem Falle ist die Masse der Widerlage so eingerichtet, daß sie nur wenig oder gar keinen Widerstand leistet.

Hier werden die Einrichtungen so getroffen, daß die Seile, nachdem sie oben über die Widerlage gegangen sind, in den Erdboden hinab gehn, und sonach auf beiden Seiten einen mit der Axe des Pfeilers gleichen Winkel bilden: wenn man ihm eine vordere Böschung giebt, so kann diese Bedingung auf jedem Lokal ausgeführt werden; da aber die Widerlage jederzeit eine mehr oder weniger beträchtliche Masse ausmacht, so ist es gut, sie zum Widerstand eines Theils der Anstrengungen der Brücke zu benutzen; man erspart dadurch an der Länge der Taue, welche über die Widerlagen gehen und in den Erdboden befestigt werden.

Der Widerstand, welchen die Widerlage oder der Pfeiler leisten soll, ist dem Unterschied der beiden Kräfte gleich, welche in entgegengesetzter Richtung wirken. Er läßt sich auf eine sehr einfache Weise ausmitteln, indem man eine Linie zieht, welche

den von beiden Seilen gemachten Winkel in zwei gleiche Theile theilt, wobei man annimmt, daß die Richtung der Kraft durch diesen Punkt gehe (Anmerkung 7); man denkt sich ferner die Masse des Pfeilers bei X konzentrirt, am Ende des Hebels X, Y, Z, dessen Stützpunkt bei Y, am vordern Theil des Pfeilers, befindlich ist, und die beiden Aerme, den einen, die Entfernung X Y des Schwerpunkt bis zu diesem Punkt, und den andern, die Entfernung YZ der gedachten Linie bis zu demselben Punkt.

Wenn wir nun annehmen, daß die Widerlage AX zehn Fuß hoch, acht Fuß breit und drei Fuß dick ist; so findet man nach der oben angegebenen Vorschrift, daß sie 170 Kubikfuß, den Fuß zu 120 Pfund enthält; dies macht 20400 Pfund. Sie ist regelmäßig, daher geht der Schwerpunkt durch den Punkt X 18 Zoll weit vom Punkt Y, welcher die Rotations-Axe oder den Stützpunkt ausmacht.

Dieses zum Grunde gelegt, zieht man von der Mitte der Spitze des Pfeilers die Linien A P, AQ bis zu dem Punkt, wo die Taue der Widerlagen befestigt werden sollen; man setzt die Spitze eines Zirkels bei A, und beschreibt einen Zirkelbogen S V, den man beim Punkt M in zwei gleiche Theile theilt; durch den Mittelpunkt dieses Bogens und durch den Punkt M zieht man eine gerade Linie AZ, von der man eine Perpendikular-Linie YZ herunter führt; diese Linie ist der Arm des Hebels, welcher mit dem Zuge von 60000 Pfund wirkt, um die Widerlage mit sich fortzureißen.

XY enthält 18 Zoll und YZ 6 Zoll, sonach werden 6 Zoll, welche multiplizieren 60000 Pf. = 18 Zoll, welche 20400 multiplziren, die das Gewicht des Pfeiles ausmachen.

Diese Regel ist für alle Fälle anwendbar. Im Allgemeinen darf nur noch bemerkt werden: jemehr die Befestigungspunkte sich der Widerlage nähern, destomehr müssen diese leztern verstärkt werden; weil die Linie AZ sich immer mehr und mehr vom Schwerpunkt entfernt und sich endlich mit den eisernen Seilen vermengt, wenn diese an der Widerlage selbst befestigt sind (Anmerkung 8).

Wenn man keine natürlichen Befestigungsstellen vorfindet; so macht man wie schon im ersten Kapitel bei mehren Gelegenheiten angeführt worden ist, ein Mauerwerk von Bruchsteinen, dessen Gewicht der Anstrengung gleich kommt, welche die eisernen Seile aushalten können (Anmerkung 9); dann haben die Stangen oben starke Ringe Q durch welche man ein Stück Eichenholz steckt, um die Taue daran zu befestigen.

3) Pfahlwerk von Holz.

Da das Pfahlwerk nur als Stüze oder als Träger dienen soll, so muß es den Winkel, welchen die Seile oder die Ketten machen, in zwei gleiche Theile theilen. Diesen Zweck erreicht man sehr leicht durch die Zusammenfügung CDE Figur 6, in Gestalt eines Strebebalkens, welcher offen genug ist, daß die Linie DF, den Winkel ADB in

zwei gleiche Theile theilend, zwischen die beiden Arme des Strebebalkens fällt.

Dies setzt aber voraus, daß die Seile oben am Pfahlwerk nicht befestigt sind, sondern nur nur auf Wülsten oder in Kloben ruhen; wollte man die Seile und die Taue an das Holzwerk befestigen, so müsten die letztern nach Maaßgabe der Entfernung verstärkt werden, in welcher sie von der Basis des Pfahlwerks befestigt sind (Anmerkung 10). Die Größe, womit sie vermehrt werden müßten, ist dem Verhältniß der senkrechten Linie proportional, welche von dieser Basis auf die in die Erde gehenden Taue gezogen wird. So haben wir weiter oben gesehn, daß 200 Quadratlinien Eisen erforderlich sind; diese multipliziren wir mit 10, der Höhe des Pfeilers, und erhalten als Produkt 2000; die vom Punkt C Figur 5 gezogene Linie CG beträgt sieben Fuß, womit man 2000 dividirt; als Facit ergiebt sich 285, die Anzahl der Quadratlinien, welche die vier Taue des Pfahlwerks haben müssen.

Diese Einrichtung gestattet es, daß man dem Pfahlwerk in Bezug zu den eisernen Seilen jede für zweckmäßig erachtete Neigung geben kann, und vermeidet folglich das Verdoppeln der Holzstücken. Man bildet also mit Balken von 10 bis 12 Quadratzoll einen Rahmen A, B, C, D Figur 4 von Eichenholz, etwas breiter als die Brücke, und giebt ihm soviel als möglich ein gefälliges Aeußere.

Man errichtet ihn auf einer Sohle BC, welche

lang genug seyn muß, um auf jeder Seite Stützen EF aufnehmen zu können; die Sohle selbst ruhet auf Mauerwerk, oder auf dem bloßen Erdboden, wenn er nämlich fest und trocken genug ist, daß man weder sein Verwerfen, noch die Fäulniß des Holzes zu fürchten hat.

Das Eichenholz hat im Allgemeinen weit mehr Kraft, als zu dem hier in Rede stehenden Bedürfniß nöthig ist; daher würden Berechnungen über diesen Gegenstand (Anmerkung 11) hier überflüssig seyn. Nur die Fäulniß desselben ist einigermaßen zu fürchten. Wenn das Holzwerk öfter mit Oelfarbe überstrichen und mit einem kleinen Dach versehen wird; so kann auch dieser Nachtheil sehr lange vermieden werden.

Leicht wird man einsehen, daß die hier gegebenen Anweisungen zur Errichtung der Widerlagen nicht als allgemeine Norm dienen sollen. Oft kommen mehre Gegenstände in den Bereich dieses Bausystems, welche die Widerlagen mit Vortheil ersetzen können. Ein altes Haus, eine alte Mauer, ein Baum, eine Terrasse u. s. w. sind oft nach Beschaffenheit der Bedürfnisse und der Lokalitäten zu dieser Anwendung geschickt. Man darf hierbei nur nicht vergessen, sich genau von dem Widerstande zu unterrichten, welchen der Gegenstand, den man berücksichtigt, zu leisten fähig ist. Nur durch genaue Berechnungen kann man zu diesem Ziel gelangen; darum soll man sich hierbei nicht dem ersten un-

überlegten Eindruck überlassen, welcher leicht bedeutende Irrthümer in seinem Gefolge haben könnte.

Viertes Kapitel.

Vom Aufhängen der Brücke.

Wenn die Länge, die Breite und der Pfeil der Brücke bestimmt sind; so suche man das Maximum der Last auszumitteln, welches sie tragen soll. Man nimmt deshalb an, daß die Brücke mit soviel Menschen besetzt ist, als sie zu fassen vermag, und rechnet für jeden zwei Quadratfuß Raum; bauet man aber nur für das Bedürfniß einer Familie, eines Dorfes in einer Gegend, wo nur eine geringe Passage statt findet, so wird man leicht einsehn, daß man sehr wohl unter der vorstehenden Annahme bleiben kann, weil die Wahrscheinlichkeit einer solchen Belastung so klein ist, daß sie unbedenklich als Null betrachtet werden darf.

Das Gewicht Einer Person wird zu 140 Pfund angenommen. Rechnet man nun noch zu dem Gewicht der auf der Brücke stehenden Personen, das Gewicht der zur Bedeckung des Fußbodens bestimmten Bohlen und das Gewicht des Eisendrahtes, welches vorläufig nach einem ungefähren Ueberschlag geschätzt wird, bis die Berechnung des Totalgewichts das Mittel zu einer genauern Bestimmung an die Hand giebt; so erhält man eine Uebersicht von der wahrscheinlichen Last.

Dies Gewicht einmal ausgemittelt, sucht man nach der Krümmung, welche die Brücke erhalten soll, die Anstrengung zu erfahren, welche der Zug auf die Widerlagen ausübt. Hierzu gelangt man durch Anwendung der schon weiter oben gegebenen Regel, nämlich: indem man den Pfeil mit 8 multiplizirt, und die Gesammtlast in Beziehung dieser Größe zur Länge der Brücke verhältnißmäßig vermehrt; so ergiebt sich, wie wir gesehen haben, die Anstrengung, welche die Widerlagen aushalten müssen, und auch das Gewicht, welches den Draht belasten wird, den man nach den Regeln der Klugheit so sehr vermehren und verstärken muß, daß nicht leicht ein Unfall zu befürchten ist.

Wie wir im ersten Kapitel sahen, haben die Engländer bei Ausführung ihrer großen Bauten sich damit begnügt, daß sie dem Ganzen drei Mal mehr Haltbarkeit gaben, als die Berechnung verlangte. Bei großen Bauten, wo die Bedingungen der Belastung mit so großer Genauigkeit ausgedrückt werden können, daß es schwer wird, sie zu überschreiten, ist dieses hinlänglich; aber bei kleinen Privatbauten, wo der Draht nur eine geringe Ausgabe verursacht, sollte man 5 bis 6 mal mehr Haltbarkeit annehmen, zumal, wenn man nur eine unbeträchtliche Last als möglich angenommen hat.

Dies Kapitel zerfällt, wie das vorhergehende, in drei Theile, so daß jeder Theil besonders abgehandelt werden kann.

1. Eiserne Seile.

Da die Kraft des Eisendrahts in Beziehung zu seiner Dicke nach der Art und Weise der Fabrication verschieden ist, so wird es schwer, die zu unserm Bausystem passendste Dimension des Drahts anzugeben. Bei kleinen Bauten, deren verschiedene Theile täglich beaufsichtigt und leicht ausgebessert werden können, darf man schwächern Draht anwenden, als bei großen Brücken, weil der einzig zu fürchtende Nachtheil, der Rost, leichter abzuhalten ist. Wenn aber ein öffentliches Gebäude in Frage steht; so gebietet es die Klugheit, dem Draht wenigstens Eine und eine halbe Linie Durchmesser zu geben, damit die Nachtheile der Oxydation für einen beträchtlichen Zeitraum vermieden werden. Zur Beseitigung dieser Vernichtungsursache muß man einen, dem Eisen fest anhängenden Vernis anwenden und die Stellen des Eisendrahts, welche durch Zufall oder mit der Zeit von Vernis entblößt werden, sorgfältig aufs Neue damit bestreichen. Um diesen Zweck zu erreichen, lasse man den Draht in, mit Glätte wenig oxygenirten Leinöl und etwas Rußschwarz kochen; man nehme ihn heraus, lasse ihn trocknen und wiederhole diese Operation zwei bis dreimal. So wird der Draht genau von allen Luftblasen befreiet, die auf seiner Oberfläche sitzen bleiben könnten, seine feinsten Zwischenräume werden durchdrungen, und seine ganze Oberfläche wird ganz besonders zur Annahme des Ver-

nis geeignet, der durch dies Verfahren weit fester als gewöhnlich am Drahte hängen bleibt. Wenn der Draht so vorbereitet und vollkommen trocken ist; so wird er in große Kettenglieder von funfzig bis hundert Fuß Länge geordnet. Die Glieder werden mit Ringen gemacht, welche wie Kloben eine Hohlkehle haben, auf die der Draht gewickelt wird. Die Ringe sind da, wo sie zusammengreifen, weit stärker, als an der entgegengesetzen Seite, wo sie nicht ganz geschlossen sind, um das Aufwickeln des Drahts auf den Ring zu erleichtern, indem man ganze Massen von Draht zwischen den beiden Aermen eines schon gemachten Kettengliedes (Figur 7) durch die Oeffnung des Ringes einschiebt und in die Hohlkehle des zweiten Ringes legt.

Die Drahtfäden können nicht alle auf dem Ring neben einander gelegt werden, sie würden sonst eine zu breite Schleife bilden; um dies zu vermeiden wird der vierte oder fünfte Theil der Anzahl Drahtfäden, welche das Seil ausmachen sollen, auf dem viereckigen Boden der Hohlkehle nebeneinander, und die übrigen in symmetrischer Ordnung darüber gelegt. Zwischen die verschiedenen Reihen legt man 1½ Millimeter dicke Bleiplatten, oder auch mit Theer getränkte Tücher, und biegt ihre Enden um, damit sie die Fäden zusammen halten. Auf diese Art werden alle Zwischenräume ausgefüllt, und die obern Fäden können so egal als möglich auf die untern gewickelt werden.

Diese Anordnung gewährt nicht unbedeutende

Vortheile in der Praxis; denn sie vereinigt den Widerstand mit der Biegsamkeit, ohne die einzelnen Theile mit einander in Berührung zu bringen; so wird das Abbröckeln des Vernis vermieden, und die einzelnen Theile des Seiles sind gegen ihre mächtigsten Feinde, die Reibung und die Oxydation, geschützt.

Die auf diese Art in Bündel vereinigten Drahtfäden werden ihre Elasticität behalten, ohne so beträchtlich lang zu seyn, daß die Bewegung, eine ungleiche Spannung auf sie ausübend, sie gegen einander gleiten machte. Da, von einer andern Seite betrachtet, die Ringe, welche 6 bis 8 Linien dick seyn können, gar nichts zur Haltbarkeit beitragen, wohl aber blos als Unterlagen dienen sollen; so können sie sich ohne Gefahr für das Bausystem abnützen, und man behält die Freiheit sie nach einem beträchtlichen Zeitverlauf zu ersetzen, wenn man nämlich ihre Masse dergestallt abnehmen sieht, daß man über die Erfüllung ihres Zweckes Besorgnisse empfindet.

Die Drahtfäden werden auf diese Art Bündel bilden, die man von Entfernung zu Entfernung mit geglühetem Draht festbindet und mit öftern Vernisanstrichen überzieht, welche endlich alle Zwischenräume ausfüllen, so daß das Ganze eine Art von Seil bildet, das mehr einer homogenen Masse, als einer Vereinigung von Drahtfäden gleicht. Die zu Anonay erbauete Brücke, welche im ersten Kapitel beschrieben ist, hat seit zwei Jahren weder an ihrem Vernis noch sonst den geringsten Schaden erlitten, ohnerachtet oft mehre Per-

sonen sich damit vergnügen, die Oscillationen der Brücke durch Schaukeln bis auf den höchsten Grad zu treiben.

Ein anderer Nutzen der Ringe besteht darin, daß sie am Seil als feste Punkte zum Anhalten der vertikalen Fäden dienen, welche den Fußboden tragen; denn besonders bei den Ruhepunkten, wo die Krümmung am größten ist, würden die vertikalen Seile gleiten und so in ihrer gehörigen Stellung gestört werden.

Bei kleinen Brücken, wo die Passage unmittelbar über die Seile hin geht, und wo man an eine in Felsen eingelassene Eisenstange befestigt, können diese Ringe, wie wir schon bei Beschreibung der Brücke von Anonay gesehen haben, durch Kloben von hartem Holz ersetzt werden, die mit einem Loch, so groß wie der Durchmesser der Stange, durchbohrt sind. Diese Kloben müssen 3 bis 4 Zoll Durchmesser haben, von festem und gesunden Holz gemacht und im Innern mit Kupfer oder Eisen ausgeschlagen seyn. Auf solche Kloben kann man die Drahtfäden unmittelbar legen. —

Wenn bei dieser Verfahrungsart die Drahtseile nicht ganz genau von gleicher Länge sind; so hängt die Brücke nach einer Seite zu; doch läßt sich diesem Fehler leicht abhelfen: denn, da diese Art von Brücken nur sehr wenig Pfeil haben, und die geringste Veränderung in der Länge des Seiles eine sehr große Veränderung des Pfeils bewirkt; so kann

man den Durchmesser der Kloben verändern, bis beide Seile in gleicher Waage stehn.

Wir haben gesehn, daß die Brücke, deren Bau wir als Beispiel aufstellten, eine durch 60000 Pfund dargestellte Anstrengung machen sollte. Da diese Last unbedeutend ist, so kann man hier Draht von einer Linie Durchmesser anwenden, der, wie wir weiter oben gezeigt haben, 200 Kilogrammen (400 Pfund) trägt; dividiren wir nun 60000 mit 400 so erhalten wir 150 als Facit; da aber das Gewicht auf vier Seile vertheilt werden muß, so wollen wir für jedes Seil die runde Zahl 40 annehmen. Wenn der Draht nach der gegebenen Vorschrift zur Annahme des Vernis vorbereitet worden ist; so spannt man einen Faden desselben aus und bringt ihn genau in eine ähnliche Lage, wie die, welche er seiner Bestimmung nach einnehmen soll. Seine Länge beträgt im gegenwärtigen Beispiel 102½ Fuß; man pflanzt daher zwei Pfähle, welche 5 bis 6 Quadratzoll stark sind, 102 Fuß weit von Mitte zu Mitte von einander, und stützt sie hinten und vorn, so, daß sie ganz und gar nicht bewegt werden können. In den Kopf jedes Pfahls schlägt man ein rundes Eisen, von Einem Zoll Durchmesser, wobei man sorgfältig darauf Rücksicht nimmt, daß beider Abstand von einander genau 102 Fuß, oder $\frac{1}{200}$ weniger beträgt als die Länge des Fadens, damit, wenn die Brücke belastet ist, die Verlängerung des Drahtes den Fußboden fast waagerecht machte.

Auf diese Pflöcke steckt man zwei eiserne Kloben; und nachdem man ein Ende des Drahtes an einen Nagel befestigt hat, welcher in einen der beiden Pfähle geschlagen ist, so fängt man an, den Draht, mit der angegebenen Vorsicht, auf die beiden Kloben zu wickeln. Wenn man sich auch alle Mühe giebt, den Eisendraht gut zu spannen; so wird er doch immer etwas abweichen; auch ist dies kein besonderer Nachtheil in sofern diese Abweichung sich durchgängig gleich bleibt. Man muß also darnach sehen, daß bei den Drähten, welche so eine Krümmung bilden, deren Pfeil 12 bis 15 Zoll beträgt, einer nicht mehr als 4 bis 5 Zoll (Anmerkung 13), über den andern reicht; und so fährt man fort zu wickeln, bis man zum Ende des Fadens kommt. Hierauf macht man den Knoten, welcher unter dem Namen „flacher Knoten" bekannt ist, und dreht seine beiden Enden zwei bis drei Mal herum, wie man es im Plan Tafel III Figur 11 abgebildet sieht; oder, was noch besser, aber etwas langweiliger ist, man vereinigt ihn mit dem andern Ende, und umwickelt die so vereinigten Fäden in einem Raum von 21 bis 24 Linien mit feinem Eisendraht Fig. 12. So fährt man fort bis zum vierzigsten Umlauf, worauf man das letzte Ende an das erste befestiget, welches wie oben angegeben worden, vorläufig an einem Nagel befestigt war. Damit nicht die beiden Bündel, welche das Seil ausmachen, sich verwirren, müssen sie in gewissen Entfernungen mit Ringen von geglühetem Draht

vorläufig an einander gebunden werden; dann nimmt man dies erste Seil weg, um die drei andern an derselben Stelle und auf gleiche Weise zu verfertigen.

Die so vollendeten Seile sollten, wo möglich, sogleich da aufgehängt werden, wo sie ihrer Bestimmung gemäß bleiben sollen, oder wenigstens in einer Lage, welche dieser ganz gleich ist; auf jeden Fall zieht man unter dem aufgehängten Seil auf den Erdboden, eine Linie, die Stelle bezeichnend, welche die Brücke einnehmen soll. Diese Linie theilt man in so viel Theile ab, als vertikale Seile von dem großen Hängeseile herabgehn sollen, welches zu diesem Zweck auf gleiche Weise abgetheilt wird; und so hängt man an das abgetheilte Seil die Last, die es gewöhnlich tragen soll. In dem Beispiel, welches uns bis jetzt beschäftigt hat, haben wir eine Länge von 96 Fuß; theilen wir hier die Aufhängepunkte der vertikalen Seile von 6 zu 6 Fuß ab, so erhalten wir 16 Räume. Da die Brücke auf ein Maximum des Widerstandes von 60000 Pfund berechnet ist, welches durch ein Gewicht von 48000 Pfund hervorgebracht wird, und da sie viermal mehr Haltbarkeit besitzt, als nöthig ist, so reducirt sich das Gesammtgewicht, was sie zu tragen hat, auf 12000 Pfund, welches, mit 4 dividirt, für jedes Seil 3000 Pfund beträgt. Dies Gewicht muß auf funfzehn Punkte vertheilt werden, da die beiden äußersten Punkte, auf den Widerlagen ruhend, nicht gerechnet wer-

den können; folglich kommen auf jeden Punkt 200 Pfund.

Wenn alles auf diese Art angeordnet ist; so spannt man eine dünne Schnur straff, und läßt sie als Fußboden der Brücke dienen, um durch diese Versinnlichung die Länge der vertikalen Seile sicherer ausmessen zu können, die man sorgfältig notirt (Anmerkung 14); nun nimmt man vom Seil die ersten Bänder, welche nur vorläufig angelegt waren, und giebt ihm einem Anstrich von Vernis.

Wenn der Vernis trocken ist; so bindet man die Bündel mit geglühetem Draht fest zusammen: dann nimmt man die Belastung von dem Seil und fängt mit den andern die nämliche Operation an.

Man wird leicht einsehn, daß Seile, welche so geprüft und gebunden sind, wie diese, mit der ganzen Last beschwert werden können, die sie ihrer Bestimmung nach für gewöhnlich tragen sollen. Die Fäden, woraus sie zusammengesetzt sind, müssen immer dieselbe gegenseitige Lage, und denselben Grad der Spannung behalten, die ihnen gleich anfangs gegeben wurde.

Das Verfahren, welches der Oberstlieutenant Dufour bei Verfertigung der Seile für die von ihm zu Genf erbauete Drahtbrücke beobachtete, ist von dem vorstehenden Verfahren des Fabrikanten Seguin etwas abweichend. Da dieser Gegenstand noch so neu ist, daß er von mehren Seiten beleuchtet werden muß; so wird es nicht überflüssig seyn, wenn wir auch Dufour's Methode hier beschreiben.

Der Leser wird dadurch in den Stand gesetzt werden, von den Verfahrungsarten Gebrauch zu machen, welche seinen Verhältnissen am angemessensten sind; besonders aber wird der Sachverständige durch das schon Vorhandene auf neue Ideen und auf bedeutende Verbesserungen geleitet.

Dufour fand durch seine Versuche über die Dehnbarkeit des Eisendrahtes, wovon in den Anmerkungen ein Mehres gesagt werden soll, daß ein belasteter Drahtfaden sich verlängert. Er glaubt in der Praxis annehmen zu müssen, daß ein Drahtseil von 100 Meter, wenn es belastet ist, um $1\frac{1}{2}$ Meter, oder mit andern Worten, um $\frac{150}{10000}$ seiner ursprünglichen Länge ausgedehnt wird. Deshalb hält er es auch für nothwendig, alle Drahtfäden, welche zur Verfertigung eines Seiles bestimmt sind, einer stärkern Spannung zu unterwerfen, als derjenigen, welcher sie beim Tragen der Brücken jemals ausgesetzt seyn werden.

Jeder Drahtfaden, welcher zum Bau der Genfer Brücke gebraucht werden sollte, wurde zuvor mit einer großen Bombe von 210 Pfund belastet. Unter diesem Gewicht, die Hälfte von dem ausmachend was ein Drahtfaden No. 14 zu tragen vermag, fing der Draht dieser Nummer an, sich zu verlängern. Die Abbildung Figur 1 Tafel V, wird die Verfahrungsarten näher erläutern, welche Dufour hierbei beobachtete:

In einem Wagenschuppen wurden zwei Stützen A und A von Zimmerwerk, eine von der an-

dern 36 Meter weit entfernt, errichtet. Sie bestehen aus zwei starken Ständern, welche durch eine Sohle C und durch einem Riegel D vereinigt sind; unten sind sie durch ein Stück B gestützt, und oben lehnen sie sich an die Balken des Bodens. Die Entfernung der Ständer beträgt 0M, 50; sie haben eine kleine Kniestütze, auf welcher eine cylindrische, sechs Centimeter dicke Eisenstange E und ein Kloben F ruhet; die Drahtfäden gehen um die Stange herum, und das Gegengewicht G, welches durch den Hebel H gehandhabt wird, ist an einer, über den Kloben gehenden Kette aufgehangen. Dies Gegengewicht wirkt vermittelst einer Art von Ziehzange J auf den Faden und giebt ihm eine Spannung von 210 Pfund. Zwischen der Stange E und dem Ständer befindet sich ein 15 Centimeter dicker Keil, von hartem Holz und mit Eisen beschlagen. Wenn der Drahtbündel (das Seil) gemacht worden ist; so treibt man den Keil weg, wodurch die Fäden so viel nachlassen, daß das Seil von der Stange abgenommen werden kann. Hierbei muß man vorsichtig verfahren damit die Stange nicht mit Einem Schlag gegen den Ständer fährt; denn in diesem Fall könnte sie leicht durch die Heftigkeit des Stoßes zerbrochen werden, da das Gesammtgewicht, womit die Fäden eines Seils belastet sind, sehr beträchtlich ist. Zur Handarbeit sind ein verständiger Arbeiter und zwei Gehülfen nöthig. Der Arbeiter befestigt anfangs den ersten Faden, vermittelst einer langen Schleife, an die Stange

E; sein Gehülfe trägt eine Masse Draht, welche er, rückwärts gehend, abwickelt, um den Faden über die Stange E zu führen und zur Seite E zurückzukehren. Während dieser Zeit läßt der Arbeiter die Zange J greifen; einer der Gehülfen läßt das Gegengewicht G herunter, welches er bisher durch seinen Hebel in die Höhe hielt; und nun entsteht die Anspannung des Drahtes.

Der Arbeiter begiebt sich nun nach E, läßt den Faden unter die Stange hingehn, um ihn darüber weg zu führen, und ergreift mit der Zange J den untern Faden, während sein Gehülfe auf die rechte Seite herum geht, um den Faden über die Stange E hin, und dann unten zurück zu führen. Der bei H zurückbleibende Handlanger läßt das Gegengewicht G herunter, und so geschieht die Spannung des zweiten Fadens. Dann hebt man das Gegengewicht G empor, damit die Zange J los läßt; so bleibt alles gespannt, ausgenommen der Faden, welcher weiter geführt wird. Diesen Faden ergreift man mit der unbeschäftigten Zange und läßt das Gegengewicht wirken; aber vorher muß der Handlanger auf der linken Seite, den zweiten Faden auf die Stange E dicht neben den ersten Faden legen; der Handlanger der rechten Seite beobachtet bei jedem Faden, welcher auf die, seiner Aufmerksamkeit anvertraute Stange E gelegt wird, dasselbe Verfahren und dieselbe Vorsicht. So wird die Operation fortgesetzt, welche sehr geschwind vor sich geht, wenn man langen Draht und geübte

Arbeiter hat. Wenn man die Drahtmasse vorher auseinander wickelt; so erspart man auch an Zeit, besonders wenn man sich den Draht so lang als möglich zu verschaffen sucht.

Der Arbeiter, welcher den Draht abwickelt, muß mit guten Handschuhen versehen seyn, um seine Hand gegen die starken Reibungen des Drahtfadens und der daran sitzenden Spitzen zu sichern. Die Fäden werden eben so, wie schon in diesem Kapitel beschrieben worden, nicht alle in einer Reihe, sondern in mehreren Reihen übereinander gelegt.

Wenn man zum letzten Faden gekommen ist; so verknüpft man ihn mit einem der benachbarten Fäden. Nach diesem umwickelt man den ganzen Bündel mit einem Draht, in Gestalt einer Schraubenlinie, damit sich die Fäden nicht von einander schieben, wenn der Bündel von den Stangen genommen wird. Der mehren Festigkeit wegen ist es gut, wenn man hierzu Draht von einer hohen Nummer nimmt und die Schraubenlinie sehr zusammenzieht. Dufour hatte anfangs die Beobachtung dieser Vorsicht unterlassen, indem er einen Bündel, mit geglühetem Draht No. 4, in einer Spirallinie umwickelte, deren Windungen fünf Centimeter weit von einander entfernt waren. Dieser Bündel mußte, nachdem er schon aufgehängt war, noch von Neuem gemacht werden; denn der Spiralfaden war an mehren Stellen durch die Reibungen, welchen die Bündel unterworfen waren, zerrissen. An den Enden bleiben die Bündel bandförmig, wie man es auf Tafel IV

abgebildet sieht; seilförmig werden sie erst 1½ Meter weit von den Enden. Wenn das Seil vollendet ist; so treibt man mit ein paar Hammerschlägen die Keile weg, welche den Stangen EE als Unterlagen dienen und mit weicher Seife geschmiert werden, damit sie besser glitschen; nun läßt das Seil soviel nach, daß man die Stangen aus den Schleifen oder Ringen desselben herausziehn und das Seil wegnehmen kann. Jeder von Dufour's Arbeitern machte in einem Tage 12 Meter Seil, zu 90 Fäden.

Auf eben die Weise wurden die vertikalen Befestigungsstränge, Bänder u. s. w. jedoch in kürzerer Zeit gemacht.

Den Abgang des Eisendrahts kann man auf $\frac{1}{10}$ des Ganzen rechnen; er ließe sich vielleicht vermindern, wenn man sich den Draht nach seinen Bedürfnissen bestellte und ihn nach Verhältniß seiner Länge bezahlte.

Die Verfahrungsart bei Verfertigung der Seile hat noch mehre Mängel, die auch Dufour nicht ungerügt läßt. Der größte Mangel derselben besteht darin, daß man das Zimmerwerk der Stützen bei jeder verschiedenen Länge der zu verfertigenden Bündel verändern muß, welches viel Handarbeit erfordert, weil dies Zimmerwerk jederzeit sehr fest zusammengeschlagen werden muß. Die starke Spannung des Drahtes bewirkt auch, daß die Keile in die Ständer eindringen, selbst wenn sie mit starkem Blech beschlagen sind, dadurch werden die letzten

Fäden kürzer, als die ersten, welche, da sie etwas nachgeben, wieder angespannt werden müssen, wodurch sich die Arbeit vermehrt. Die Keile sollten daher nicht aus einem Stück seyn; sie müßten vielmehr aus mehren vereinigten Stücken von Eisen zusammengesetzt werden, so daß man eins nach dem andern hinweg nehmen könnte, ohne daß dabei eine, mit dem Zerbrechen des Zimmerwerks drohende Erschütterung erfolgte, und ohne das Herumschlagen oder Zerbrechen der Stange befürchten zu müssen, welches für die nahe stehenden Arbeiter äußerst gefährlich ist.

Die Bündel, welche von Draht gemacht sind, der auf einen gewissen Durchmesser gerollt war, nehmen, wenn sie schlaff sind, die Gestalt einer Spirallinie an; und diese, natürlich mit großer Steifigkeit vereinbarte, Krümmung erschwert die Handhabung der Seile sehr; vielleicht wäre es gut, wenn man jeden Faden vor seiner Anwendung gerade richtete; allerdings würde die Handarbeit durch dies Verfahren vermehrt, allein die Vortheile desselben könnten diesen Nachtheil leicht kompensiren.

Die Schleife, durch welche die auf Tafel II. abgebildete Spule gehn soll, verwirrt sich sehr leicht, wenn sie von der Stange genommen ist; folglich würde es besser seyn, die Bündel sogleich auf den Spulen selbst zu machen, welche dann anstatt der Stangen EE′ dienen könnten. Zu diesem Zweck müßte man die Ständer näher zusammen rücken und in jedem derselben eine starke Schraube anbrin-

gen, deren Ende sich in den innern Raum der Spule erstreckte: wenn man nun die beiden Schrauben zusammenschraubte, so würde die Spule wie auf einer Drechselbank fest gehalten. Zu diesem Zweck muß das Ende der Schraube conisch seyn, damit es in jeden Raum paße; und der hohle Cylinder der Spule muß sich an seinem Ende etwas erweitern.

Ein anderer, größerer Nachtheil findet sich darin, daß man gezwungen ist, das Seil so zu gebrauchen, wie es gemacht ist; fände es sich zu lang, so müßte man ein anderes machen. Vielleicht könnten die Schleifen der Bündel durch Ringe von geschmiedetem Eisen ersetzt werden, ohngefähr so, wie einer auf Tafel III Figur 13 abgebildet ist. Seine Gestalt und seine Dicke ist der Last angemessen, welche er tragen soll. Die Dille ist im Innern des Ringes erweitert, so daß die Enden des Drahtes, nachdem sie glühend gemacht, umgebogen und geschmiedet worden sind, nicht mehr heraus können. Wenn dies Verfahren anwendbar ist, so können die verschiedenen Theile eines Seiles nicht so vereinigt werden, wie es bei der Genfer Brücke geschehen ist; man müßte vielmehr die Ringe durch Spulen ersetzen, welche in ihrer Mitte ausgebaucht sind (Tafel III. Figur 14) und eben so eine Dille haben, wie der Ring Figur 13. Durch diese Einrichtung würde man das Seil zu jeder beliebigen Länge schneiden können, so daß man nicht nöthig hätte, für jedes Seil, welches in seiner Länge von

dem and'rn verschieden wäre, die Stellung der Gerüste zu ändern, die zur Verfertigung desselben dienen. Jeder lange Bündel könnte zu kleinern geschnitten werden, wodurch gewiß viel Zeit und Mühe erspart würde.

Seguin gab den Fäden seiner Seile nicht die Spannung, welche Dufour dabei in Anwendung brachte; wie wir oben gesehn haben legte er sie nur neben einander und umwickelte sie in einer Spirallinie mit geglühetem Draht.

Dies Verfahren gewährt zwar Erleichterungen in der Ausführung; aber man muß auch befürchten, daß der Draht, wenn er belastet wird, sich verlängere. Diesem läßt sich vielleicht einigermaßen zuvorkommen, wenn man bei Verfertigung der Seile die Drahtfäden mit den ausgehöhlten Backen einer Kneipzange fest zusammen drückt und vor dem Loslassen der Zange mit geglühetem Draht umwickelt. Wird diese Operation von dem einen Ende des Seiles bis zum andern fortgesetzt, so liegen die Drahtfäden genau parallel neben einander, fast eben so, als wenn sie durch ein Gegengewicht angespannt wären. Ein so verfertigtes Seil verlängert sich wahrscheinlich nicht, wenn es mit der Brücke belastet wird.

Der Mechanikus Darier zu Genf, hat die Idee gehabt, die Seile, vermittelst des Zuges durch das Zieheisen, mit einer Zinnplatte zu bedecken; er überzog auf diese Art einen Bündel von 80 Drahtfäden, welcher 1^{M},50 lang war. Sein Unterneh-

men gerieth sehr gut: die Fäden waren vollkommen ausgestrichen und so an einander gepreßt, daß man an ihrem transversalen Durchschnitt fast gar keine Lücke bemerkte. So zubereitete Seile müßten einen herrlichen Anblick von Eleganz geben; aber die Erfahrung muß uns erst lehren, ob es leicht ist, sie in der nöthigen Länge und Dicke zu verfertigen.

2. Träger und Spannungs-Rahmen.

Verschiedene Umstände können bisweilen Veränderungen in der Länge der Seile verlangen (Anmerkung 15 und 1); um diese schnell und leicht hervorzubringen, muß man den Schlußring der Kette oder des Seiles an einen starken Haken hängen, dessen Ende aus einer Eisenstange besteht, welche ihrer Länge nach mit Schraubenwindungen versehen ist; diese Stange muß in eine Masse von Gußeisen eingeschraubt werden, welche hinten gut verriegelt ist und oben auf der Widerlage ruhet.

An und für sich kommt wenig darauf an, welche Gestalt man dieser Masse geben will, wenn sie nur ihren Zweck erfüllt. Da aber die Lage so lang und so breit als möglich seyn muß, so ist vielleicht die Gestalt einer an ihrer Basis länglich viereckigen Pyramide (Tafel III. Figur 9) am vorzüglichsten, wenn nicht besondere Gründe dagegen streiten.

Wenn man anstatt der gemauerten Widerlagen hölzernes Pfahlwerk gebraucht; so bedarf man

keiner Spannungsrahmen; man darf nur die Bolzen durch d e Holzstücke gehen lassen, welche das Pfahlwerk bilden; hierbei soll man aber nicht vergessen, den hintern Schraubenmüttern starke Unterlagen zu geben, damit sie sich nicht in das Holz eindrücken; außerdem muß man mit der größten Sorgfalt darauf sehen, daß die Richtung der Bolzen so genau als möglich die Fortsetzung von der Richtung der Seile bilde.

3. Befestigungs-Seile (Taue) der Widerlagen.

Als weiter oben von den Widerlagen die Rede war, ist auch gezeigt worden, wie man den Widerstand berechnen kann, den man ihren Befestigungs-Seilen geben muß, um den Anstrengungen der Hängeseile widerstehn zu können. Diese Ketten oder Seile können von Eisen oder auch von Eisendraht gemacht werden, wie die Hängeseile; aber in diesem letztern Fall dürfen sie nicht bis auf das Erdreich hinab gehn, weil sie in der Nachbarschaft desselben der Feuchtigkeit zu sehr ausgesetzt sind, wodurch sie bald von Rost überzogen und zernagt werden würden. Bei den engländ.schen Bauten dieses Systems bildet man, wie wir schon im ersten Kapitel gesehn haben, Ketten, von 15 bis 18 Fuß langen Stangen, die man am Ende ausbaucht und platt macht; hierauf wird ein ovales Loch hineingemacht, in welches ein Zapfen von gleicher Gestalt gesteckt wird (Tafel IV, Figur 7), und so werden zwei und zwei Stangen mit kurzen Ringen vereinigt. Diese

Methode hat den Vortheil für sich, daß sie bei den größten Brücken Englands bewährt gefunden worden ist. Ein anderes, einfacheres und wohlfeileres Mittel besteht darin, daß man die Stangen an ihren Enden in Gestalt eines Hakens umbeugt, und an dessen äußerstes Ende eine Wulst schmiedet; wenn die Stangen an Ort und Stelle zusammengehakt sind, so zieht man mit eisernen Bänden, vermittelst eiserner Stifte oder zweier Schrauben, die Haken zusammen (Tafel IV. Figur 4), indem man darauf sieht, daß die Eisentheile überall genau aneinander liegen, und daß die Ringe nicht zu breit sind, um eine falsche Tracht und Richtung der Theile zu vermeiden, wodurch eine Verlängerung der Ketten oder Seile entstehen würde.

Diese Ketten oder Seile der Widerlagen werden eben so, wie die Hängeseile, an die Spannungs-Rahmen befestigt; die Befestigungs-Punkte müssen so geordnet seyn, daß diese Rahmen nicht zu sehr von den Löchern ausgeschnitten werden. Die Löcher der Rahmen dürfen beim Gießen des Stückes nicht mit einem Kern gemacht, wohl aber nachher gebohrt werden, weil beim Gießen oft neben dem Kern Blasen entstehen.

Kehren wir jetzt zu unserm Beispiel zurück. Die Gesammtanstrengung der Brücke von 60000 Pfund, wenn sie auf beide Seiten derselben gleich vertheilt wird, reducirt sich auf 30000 Pfund. Wir haben gesehn, daß der Widerstand des Gußeisens auf eine Quadratlinie 100 Pfund beträgt,

folglich sind 300 Linien Gußeisen nöthig, um eben den Widerstand zu leisten, wie die Hängeseile oder die Befestigungsseile. Da zwischen den Hängeseilen und den Befestigungsseilen eine gewisse Entfernung nöthig ist, um von den Schrauben Gebrauch machen zu können; so lassen wir eine Eisenmasse A, B, C, D, (Tafel III. Figur 9), gießen, welche 18 Zoll hoch, oben 8 Zoll unten 14 Zoll breit und 18 Linien dick ist. In der Richtung der Hängeseile und der Befestigungsseile bohren wir Löcher E, F, G, H von einem Zoll Durchmesser, die, wie man auf der Abbildung sieht, in ein Viereck von einem Fuß Seite geordnet sind. Es ist einleuchtend, daß die Anstrengung die Platte in den Richtungen EF, GH, zu zerbrechen strebt; berechnen wir also, ob letztere zu widerstehen vermag.

Da der Durchschnitt GH, der schwächste, Einen Fuß Höhe und 18 Linien Dicke hält; so beträgt seine Oberfläche 2592 Linien; der Hebel JH von 6 Zoll, mit 9 Linien verglichen, oder wie 72: 9, reducirt diese Quantität auf 324, etwas mehr als wir nöthig haben.

Da die Befestigungsseile der Widerlage der Länge nach wirken, so darf man nur 30000 mit 300 dividiren, und man wird als Facit 100 Linien erhalten, welches zwei Stangen von 7 Quadratlinien beträgt; man kann sie aber auch, der größern Sicherheit wegen 8 bis 10 Quadratlinien dick machen; dies ist eine Vorsicht, die man besonders dann

nicht außer Acht lassen darf, wenn man Ursache hat, der Haltbarkeit des Eisens zu mißtrauen.

Fünftes Kapitel.

Die vertikalen Seile der Brustwehr und die untern Befestigungsseile, welche gegen das Schwanken der Brücke bestimmt sind.

Die Plate-Forme, welche zum Uebergang dient, wird, wie wir schon gesehn haben, vermittelst vertikaler Seile an die Hängeseile aufgehängt. Die Länge der vertikalen Seile ist durch Berechnungen schwer vorher zu bestimmen. Dies kann aber durch einen Versuch geschehn, indem man alles so ordnet, daß die Hängeseile in der Mitte die Höhe haben, welche man der Brustwehr geben will. Dies geschieht aber nur, um die Kosten für die größte Erhöhung der Widerlagen oder für die Länge der vertikalen Seile zu vermeiden; denn man kann dem Fußboden jederzeit die Krümmung, und den Seilen die Länge geben, die man passend findet.

An großen Brücken können die vertikalen Seile eben so verfertigt werden, wie die Hängeseile; nur daß sie halbkreisförmige Ringe erhalten, welche oben quer über den Hängeseilen ruhen, und unten das Ende der Querhölzer umfassen, auf die der Fußboden angelegt ist. Die Zahl der Drahtfäden, woraus sie zusammengesetzt werden sollen, und ihre

Entfernung von einander richtet sich nach dem Gebrauch, zu welchem die Brücke bestimmt ist, so, daß jedes vertikale Seil die Hälfte des Gewichts tragen kann, womit der Fußboden zwischen dem von zwei vertikalen Seilen bezeichneten Abstand möglicherweise belastet werden kann.

Da die Hängeseile an ihrem obern Theil durch die Friktion der vertikalen Seile beschädigt werden könnten; so muß man sie, um diesem Nachtheil zu begegnen, mit geglühetem Draht fest umwickeln wie es schon bei Beschreibung der Genfer Brücke gezeigt worden ist; ein solcher Verband ist hinlänglich, um zu verhindern, daß die vertikalen Seile auf den Hängeseilen hin und her gleiten; nur an den höchsten Stellen großer Brücken, wo die Krümmung am größten ist, darf man sich nicht mit diesem Mittel begnügen, weil es auf diese Theile ein Ziehen hervorbringen würde, welches das Losspringen des Vernis verursachen könnte. Man muß also die ersten vertikalen Seile mit Drahtbündeln, deren Anzahl sich mit der Länge der vertikalen Seile vermindert, an die Widerlagen anhalten; der erste dieser Bündel besteht ohngefähr aus dem dritten Theil der Anzahl Fäden eines vertikalen Seiles (Anmerkung 16).

Die Brustwehr der Brücke kann auf beliebige Art gemacht werden, wenn sie nur nicht das Gewicht derselben zu sehr vermehrt: da, wo man das Schwanken der Brücke nicht fürchten darf, ist ein Drahtgitter hinlänglich.

Wenn die Brücke eine große Breite hätte und zum Tragen großer Lasten bestimmt wäre, so würde es gut seyn, als Brustwehr eine Vereinigung von Holzstücken anzuwenden, welche sich, vermöge ihrer Anordnung, dem Schwanken der Brücke am kräftigsten widersetzen könnte. Auf Tafel III, Figur 10, sehen wir die Abbildung einer solchen Zusammenfügung: sie bestehet aus zwei Reihen von Holzstücken AB, CD, welche durch Querhölzer EF, GH, mit einander verbunden, und in einem Abstand von 3 bis 4 Fuß von einander gehalten werden; diese Querhölzer, in Gestalt eines Andreas-Kreuzes (geschobenes Kreuz) geordnet, stoßen mit ihren Enden zusammen und bilden auf diese Art einen rechten Winkel. Man erhält diese Zusammenfügung durch eiserne Bolzen JK, mit welchen man, indem sie zwischen den Fugen der Querhölzer durch die Holzstücken gehn, das Ganze nach Belieben zusammenschrauben und ihm die erforderliche Festigkeit geben kann.

Wenn die Brücken im Vergleich zu ihrer Länge eine zu kleine Masse haben; so sind sie einem Schwanken ausgesetzt, welches zum Theil dadurch vermieden werden kann, daß man sie vermittelst eines Seil-Systems GH, JK, (Tafel IV. Figur 8) nach unten zu befestiget; dies System muß von einem Ende zum andern einen Theil des Vielecks vollständig machen, dessen sämmtliche Seiten sehr gespannt und so geordnet sind, daß sie die eisernen Seile unter den größtmöglichsten Winkeln durchschneiden. (Anmerkung 17).

Diese Befestigungsseile werden so niedrig als möglich, jedoch ohne der Schifffahrt hinderlich zu seyn, mit Ringen oder Haken, welche zu diesem Zweck in das Mauerwerk eingelassen sind, an die Widerlagen befestigt. Besonders sind sie ein wesentliches Erforderniß, wenn man sehr leichte Brücken bauet oder die Passage unmittelbar über die Seile hingehn läßt, denn die Größe der erlangten Bewegung ist immer der Masse proportional.

Die Spannung kann den untern Befestigungsseilen sehr leicht durch Flaschenzüge gegeben werden.

Von den untern Befestigungsseilen ist noch zu bemerken, daß sie an der Stelle der Brücke, wo sie befestigt sind, vermittelst ihres Zuges eine Schweifung hervorbringen, welche einen dem Auge unangenehmen Effect verursacht. Dies ist uur dadurch zu vermeiden, daß man entweder mehre Befestigungsseile anlegt, oder dem Zimmerwerk mehr Stärke giebt, als es seiner Verrichtung nach bedarf. Vielleicht wäre es auch in dieser Hinsicht sehr vortheilhaft, wenn man auf beiden Seiten unter der Brücke, von einer Widerlage bis zur andern, ein Drahtseil ausspannte, um allen Befestigungsseilen, die man dann nach Belieben vermehren konnte, als Befestigungs-Punkt zu dienen.

Sechstes Kapitel.

Der Fußboden.

Der Fußboden der Brücke kann nach Beschaffenheit der Umstände auf verschiedene Art gemacht werden. Er besteht im allgemeinen, wie wir im Laufe dieses Vortrages bereits gesehen haben, aus Querhölzern, welche an ihren Enden von vertikalen Seilen getragen werden; auf diese Querhölzer werden die zur Passage bestimmten Bohlen gelegt. Eben so könnte man auch Längebalken anwenden, auf welche man entweder das Fußboden-Getäfel oder die zum Tragen desselben bestimmten Querhölzer legte. Die Kraft aller dieser Hölzer muß nach ihrer Länge berechnet werden. Durch Versuche ist ausgemittelt, daß ein Stück Eichenholz von 10 Fuß Länge und 5 Zoll Gevierte 72 Centner, fast 60 Pfund auf den Quadratzoll, zu tragen vermag (Anmerkung 17). Hiernach ist es leicht, die Dimensionen zu berechnen, welche jedes Stück Holz für eine gewisse Last haben muß; man darf dabei aber nicht vergessen, daß seine Kraft nach Verhältniß seiner Länge abnimmt, während sie im geraden Verhältniß der Höhe zunimmt.

Man wird leicht einsehn, daß der Gebrauch, zu welchem die Brücke bestimmt ist, auf die relative Kraft dieser verschiedenen Hölzer viel Einfluß hat. Wäre sie, zum Beispiel, nur für Fußgän-

ger bestimmt, so ließe sich die Last jedes Punktes dadurch berechnen, daß sie mit der Oberfläche, mit welcher sie korrespondirt, verglichen würde, weil diese Masse von Menschen wirklich wie ein homogenes Gewicht betrachtet werden kann; wäre aber die Brücke bestimmt, Wagen zu tragen, so müßte man die Berechnung so entwerfen, daß zwei oder vier vertikale Seile, und jeder Punkt des Fußbodens besonders dies ganze Gewicht tragen könnten; denn, obgleich durch Berechnungen erwiesen ist, daß Menschen, welche, dicht neben einander stehend, den nämlichen Raum einnehmen, wie ein Wagen, mehr wiegen als dieser, so dürfen wir doch nicht vergessen, daß ein Wagen nur auf zwei Punkten ruhet, während die Last der Menschenmasse überall gleichmäßig vertheilt ist.

Uebergehen wir jede weitere Erörterung über diesen Gegenstand, welcher zu sehr in die gewöhnlichen Bauarten eingreift; beschränken wir uns vielmehr darauf, das Gesagte auf unser vorliegendes Beispiel anzuwenden, um uns einer größeren Deutlichkeit erfreuen zu können.

Unsere Brücke, 96 Fuß in der Länge und 4 Fuß in der Breite haltend, giebt uns eine Oberfläche von 384 Fuß. Es ist höchst unwahrscheinlich, daß sie, die in einer unbesuchten Gegend liegt, von mehr als funfzig Menschen auf einmal betreten werden wird. Jeder ihrer Punkte muß das Gewicht eines Pferdes tragen können, welches ohngefähr 1000 Pfunden gleich kommt; folglich müssen

die Querhölzer dies Gewicht wenigstens sechsmal (6000 Pfund) tragen können. Nehmen wir also eichene Hölzer von 4 Fuß Länge, 4 Zoll Höhe und 3 Zoll Breite, deren Kraft durch 60 × 2, 5 × 16×3 = 72000 Pfund ausgedrückt wird.

Alle diese Hölzer, $\frac{1}{3}$ Kubikfuß Stärke und 20 Pfund Gewicht betragend, werden von drei zu drei Fuß von einander entfernt, wodurch ihre Anzahl sich bis auf 32, und ihr Gewicht auf 640 Pfund beläuft.

Der Fußboden, welcher denselben Anstrengungen widerstehen muß, wird aus 1 Fuß breiten und 1$\frac{1}{2}$ Zoll dicken Brettern gemacht, deren Kraft durch 60 × 4 × 1, 5 × 1, 5 × 12 = 6486 Pfund ausgedrückt wird, weil die Länge ohngefähr 4 mal, die Dicke 1$\frac{1}{2}$ mal und die Breite 12 mal geringer ist. Seine Stärke wird gleich seyn 384 Fuß, (seiner Oberfläche) multiplizirt mit 1$\frac{1}{2}$ Zoll, oder $\frac{1}{8}$ Fuß, (seiner Dicke), das ist 48 Kubikfuß zu 60 Pfund gleich 2880 Pfund.

Da wir zwei und dreißig Querhölzer, oder vier und sechszig vertikale Seile haben; so muß jedes derselben so berechnet werden, daß es seinen Theil vom Gesammtgewicht des Fußbodens, gleich 3520 Pfund, ohngefähr 56 Pfund trägt; rechnen wir noch das Gewicht eines Pferdes mit 1000 Pfund dazu, so haben wir 1056 Pfund; diese Zahl mit 6 multiplizirt giebt 6336 Pfund, welche mit 400, dem Gewicht eines Eine Linie dicken

Drahtfadens, dividirt, 16 als die Zahl der Fäden jedes vertikalen Seiles angiebt.

Man theilt also die eisernen Hängeseile in zwei und dreißig Theile ab; man umwickelt die korrespondirenden Marken jeder dieser Abtheilungen zwei bis drei Zoll weit mit Draht; hierauf bringt man ein Querholz nach dem andern in den Abstand vom Hängeseil, welchen man für nöthig befunden hat, macht ferner an jedem Ende des Querholzes einen Einschnitt von einigen Linien, damit der Draht nicht von seiner Stelle gleiten kann, und macht nun mit Draht acht sehr gleiche Umwickelungen um jedes Querholz und das Hängeseil; das erste Ende knüpft man mit feinem geglühetem Draht an das letzte, umwickelt nun dies neue vertikale Seil von oben bis unten mit Draht und befestigt es oben und unten.

Auf die so befestigten Querhölzer werden eichene, 1 Fuß breite und $1\frac{1}{2}$ Zoll dicke Bohlen gelegt, und so zusammengefügt, daß das Ganze viel Festigkeit darbietet; sie werden entweder aufgenagelt oder mit Schrauben befestigt; die beiden Enden des Ganzen gehn in das Mauerwerk der Widerlagen, worin sie mit eisernen Krampen an große Steine, welche die Schwelle zum Thor der Widerlage bilden, befestigt werden.

Wir sehen also, daß das Gesammtgewicht der Brücke besteht aus:

Vier eisernen Seilen von hundert und sechszig Drahtfäden, jeder 1 Linie Durchmesser und 102 Fuß Länge haltend, macht	16320 Fuß
Vier und sechszig vertikale Seile von sechszehn Drahtfäden, wovon jeder, im Durchschnit gerechnet, 5 Fuß lang ist. . . .	5120 =
Bänder, Befestigungsseile u. s. w. .	3560 =
	25000 Fuß.

100 Fuß Draht zu 1 Linie Durchmesser wiegen 2 Pfund, folglich wiegen 25000 Fuß.	500 Pf
32 Stück eichene Querhölzer, jedes 20 Pfund schwer	640 =
384 Fuß Oberfläche des Fußbodens, 48 Kubikfuß, jeder zu 60 Pfund, macht	2880 =
50 Personen, jede zu 140 Pfund	7000 =
	11020 Pf.

welche mit $\frac{5}{4}$, dem Verhältniß der Stärke multiplizirt, die aus dem Verhältniß des Pfeils zur Breite der Brücke herrührt, 13774 Pfund giebt. Diese Summe erhöhen wir aber bis auf 60000 Pfund, damit wir vier bis fünf mal mehr Haltbarkeit haben, als die Berechnung verlangt.

Siebentes Kapitel.

Vom Aufschlagen der Brücke.

Es wird nicht ohne Nutzen seyn, hier Einiges von den Verfahrungsarten anzuführen, welche der Oberstlieutenant Dufour bei Zusammensetzung der Genfer Brücke beobachtete. Wir wollen uns daher, um Mißverständnisse zu vermeiden, die im ersten Kapitel enthaltene Beschreibung der Genfer Brücke in das Gedächtniß zurückrufen; dies wird uns um so mehr gelingen, wenn wir zu gleicher Zeit die Abbildungen der Tafel II nachsehen. So vorbereitet muß uns das Folgende desto deutlicher werden.

Die Hängeseile lassen sich leicht, je nach dem die Umstände sind, durch Anwendung von Kloben und Flaschenzügen auf die Widerlagen bringen und in der erforderlichen Stellung aufhängen; wobei man mit dem Händen die nöthige Hülfe giebt. Die kurzen Seile, wovon auf Seite 36, unten, die Rede war, und welche wir Kettenglieder nennen wollen, weil sie zur Vereinigung der Hauptseile dienen, werden mit zwei Merkzeichen bezeichnet, die mit den Ecken der Lager aufeinander treffen, wodurch ihr Legen (ihre Lage) bestimmt wird; diese Bestimmung darf man nicht unterlassen, denn ohne sie würde ein Seil mehr herabhängen als das andere. Die Strähnen (siehe S. 37) wurden provisorisch von Stricken gemacht, damit man ihre

Länge nach Bedürfniß verändern konnte; sie wurden so befestigt, daß der Pfeil der Krümmung 15 Centimeter kürzer war, als ihn die Berechnung bestimmte; soviel war wenigstens wegen der Senkung nöthig, welche die Seile noch später vom Gewicht zu erleiden hatten; denn sie bildeten damals keine regelmäßige Curve, weil sie wegen ihrer Steifigkeit noch etwas von der schraubenförmigen Krümmung behalten hatten, die ihnen eigen ist, wenn sie sich selbst überlassen sind. Die Strähnen der kürzesten Hängeseile waren demnach 0^{M}, 95 lang; die nach den Widerlagen zu waren alle unter einander gleich, und nur 0^{M}, 50 lang.

Diese Operation unternahm Dufour nur mit einem der beiden Seile, welche die wenigste Krümmung haben mußten; die Länge von dem Seil, welches die meiste Krümmung verlangte, bestimmte er durch Berechnung; er mußte es 0^{M}, 50 länger machen, damit es Einen Meter niedriger herabhinge. Die Verlängerung beachtend, welche das Seil später durch das Gewicht erleidet, besonders da es noch weniger Spannung hatte als das erste, reducirte er den Ueberschuß, welchen ein Seil über das andere haben muß, auf 0^{M}, 33: daher wurden die Strähnen dieser Seile 1^{M}, 28 lang gemacht. Die der Zwischenseile waren 1^{M}, 10 lang. —

Man muß also Merkzeichen auf die beiden Widerlagen und auf den Zwischenpfeiler machen, wenn man den Pfeil der Krümmung bestimmen,

und den untern Theil des Seiles auf dem passenden Punkt anhalten will.

Zwei Arbeiter und vier Handlanger brachten einen Tag damit zu, die sechs Seile an ihren Platz zu bringen.

Zu den großen Vortheilen der Hängebrücken aus Eisendraht gehört auch der, daß die Hängeseile derselben die Stelle der Baubrücke (Nothbrücke) vertreten.

Wir wollen sehn wie Dufour hierbei verfuhr: Bevor die Seile an Ort und Stelle gelegt wurden, bestimmte er die Stelle, wo jedes vertikale Seil befestigt werden sollte, und die jedem vertikalen Seil nöthige Länge; hierauf befestigte man an den bezeichneten Stellen Stricke, welche 1½ Meter länger waren als die korrespondirenden vertikalen Seile, damit ihr unteres Ende zum Anbinden der Querhölzer der Baubrücke gebraucht werden konnte. So kann man leicht, wenn die Seile an ihrer Stelle liegen, die Querhölzer nach und nach aufhängen.

Die Arbeit, welche ihre Gefahr hat und nur von Arbeitern unternommen werden kann, die nicht leicht schwindlig werden, geschieht auf folgende Weise: Zwei auf der Widerlage stehende Arbeiter ziehen mit einem Haken die Enden der nächsten Stricke nach sich, und knüpfen sie an die beiden Enden eines und desselben Querholzes; die Länge des Strickes beobachten sie nur nach dem Augenmaaß, doch muß sie auf beiden Seiten gleich seyn, damit das aufgehängte Querholz vollkommen horizontal

hängt (Siehe Tafel II. Figur 20). Nun lassen sie das Querholz fahren und werfen auf beiden Seiten zwei Bretter darauf, die mit einigen Nägeln aufgenagelt werden; auf diese Bretter legte man noch zwei andere, um ihre Haltbarkeit zu vermehren. Auf diesem Anfang der Brücke gehen die Arbeiter bis zum ersten Querholz vorwärts, ergreifen mit ihren Haken die Stricke, welche das zweite Querholz tragen sollen, binden an sie in der erforderlichen Länge das zweite Querholz, und gehen auf andern Brettern vom ersten Querholz auf das zweite über; so fahren sie fort, bis zum andern Ende der Brücke.

So lange die falsche Brücke noch nicht beendigt ist, bleibt sie sehr elastisch und wellenförmig beweglich, ein kleiner Wind bringt auf sie dieselbe Wirkung hervor, wie auf die Oberfläche des Wassers. Sie muß also an ihren beiden Enden fest gemacht werden, um diese Wirkung zu vermindern aber dem ohngeachtet werden immer noch wellenförmige Bewegungen, wiewohl mit verminderter Heftigkeit statt finden.

In diesem Zustande ist die falsche Brücke noch nicht beendigt, weil die Querhölzer, wenn sie auch mit der größten Sorgfalt gelegt wären, durch das Gewicht, womit nach und nach die Seile belastet werden, ihre Lage verändern, so daß der Fußboden der Brücke seine geradlinige oder vielmehr seine etwas convexe Gestalt verliert; deshalb müssen die Querhölzer, welche ihre Stellung verändert

haben, erhöhet oder erniedriget werden, je nachdem es die Umstände erfordern; man bedient sich dazu kleiner Winden und Hülfsketten. Sind die Abweichungen beträchtlich, so unternimmt man die Verbesserungen mehrmals. Diese etwas langweilige Arbeit kann abgekürzt werden, wenn man sich die Mühe giebt, zu berechnen, an welcher Stelle jedes Strickes das Querholz aufgehängt werden muß. Wenn die falsche Brücke auf diese Weise geordnet ist; so bedeckt man sie mit Brettern, um einen Fußboden zu bilden, über welchen man alles zum Bau der Brücke nöthige Holz führen kann.

Das Gewicht der falschen Brücke und eines halben Dutzend Menschen sind hinlänglich, die Hängeseile einigermaßen zu spannen und ihnen die Gestalt eines Strick-Polygons zu geben.

Bei Erbauung der falschen Brücke zu Genf ereignete sich ein Fall, den wir nicht unbemerkt lassen können: einige der Vereinigungs-Spulen, anstatt in einer den Bündeln vertikalen Richtung zu bleiben, warfen sich auf die Seite, so daß sie mit den Strähnen schiefwinkelige Parallelogramme bildeten. Dies konnte gefährlich werden; daher wurde das Seil entlastet, das heißt, die daran hängenden Querhölzer wurden abgenommen; so konnte man die Spulen wieder gerade richten und die entgegengesetzten Schleifen genau in die Mitte derselben bringen; die geringste Abweichung verursacht eine Wendung. Man muß also die Länge der Spulen genau nach der Fäden-Zahl berechnen, die man dar-

auf legen will; und um es noch besser zu machen, gieße man diese Spulen so, daß sie kleine kreisförmigen Erhabenheiten haben, welche den mittelsten Theil von den Enden absondern (siehe Tafel III. Figur 15). Durch diese Einrichtung bleibt jede Schleife an ihrer Selle liegen, und die Axe der Spulen wird jederzeit mit der Richtung der Bündel perpendikular seyn, weil die Anstrengungen auf beiden Seiten gleich seyn werden. Noch wird es gut seyn, wenn man die Drahtbündel sogleich auf den Spulen macht, wie wir schon einmal weiter oben angerathen haben, weil dann die Fäden nicht in Unordnung gerathen könnnen.

Wenn die falsche Brücke fertig ist; so hat das Schlagen der wirklichen Brücke keine großen Schwierigkeiten mehr: bei der Genfer Brücke legte man zuerst die untern Randstücke, die an ihren Enden zusammengefügt wurden; man legte die Querhölzer in die Einschnitte und brachte die obern Randstücke darauf, die mit den untern durch Löcher verpflöckt wurden, welche die Ständer des Geländers aufnehmen sollten. Hierauf wurden die kleinen Zwischenbalken auf die Querhölzer befestigt; nun nahm man die Pflöcke weg, durch welche die Randstücke vorläufig zusammengehalten wurden und ersetzte sie durch die Ständer des Geländers, nachdem man zuvor die mit diesen Ständern korrespondirenden Bohlen hingelegt hatte.

In diesem Zustande war die Brücke fest genug, daß man die vertikalen Hängebündel von Draht, an

die Stelle der Leinstricke bringen konnte, welche bis jetzt die falsche Brücke und die Brücke trugen. Man fing damit an, die Stricke nach und nach wegzuschieben, um sie der Brücke näher zu rücken, und um die Hängeseile in die schiefen Flächen zu bringen, worin sie bleiben müssen, wenn die Brücke daran befestiget ist. Bei diesem Verfahren, welches von vier Arbeitern in einem Tag ausgeführt wurde, ließ man einige Stricke etwas los, oder spannte ardere mehr an, um der Brücke eine leichte Krümmung von 10 Centimeter Pfeil zu geben, bevor sie für immer festgemacht wurde: diese Krümmung war nöthig, weil die Brücke mit der Zeit oder durch Wärme sich senken kann, wenn die Drahtfäden dadurch eine Ausdehnung erleiden. Nachdem dies geschehen war, befestigte man die Querhölzer der Brücke vermittelst der vertikalen Hängebündel an die horizontalen Hängeseile. Wenn ein vertikaler Hängebündel vollendet war, so löste ein Arbeiter den korrespondirenden Strick, um ihn an die Randstücke zu binden, so daß die falsche Brücke nach gänzlicher Beendigung des Verfahrens an der Brücke selbst hing, wo sie sehr leicht von einander genommen werden konnte.

Da die Stricke der provisorischen Brücke nicht genau die Stelle der vertikalen Hängebündel einnahmen; so mußte man, um diese zu befestigen, die Seile durch die Kraft einer kleinen Winde (Wagenwinde) beugen, um an der passenden Stelle den Winkel des Strick-Polygons zu bilden. Ohne

diese Vorsicht muß man befürchten, daß die Brücke bei Wegnahme der falschen Brücke die Form verliert, welche man ihr geben zu müssen glaubt.

Vier Schlosser brachten zwei Tage damit zu, die vertikalen Hängebündel der Genfer Brücke, vier und neunzig an der Zahl, zu machen; eben dieselben brauchten drei Tage, um die ganze Länge der sechs horizontalen Seile mit einem geglüheten Draht in einer engen Spirallinie zu umwickeln.

Nachdem die Seile den ihnen bestimmten Platz eingenommen hatten, wurden sie nochmals mit trocknendem Oel überstrichen. Diese Art von Vernis besteht blos aus Leinöl, welches mit Glätte aufgekocht ist. Um ihn auf eine bequeme Art anwenden zu können, daß er bis zu den innersten Fäden dringt, muß man ihn in einem sehr verlängerten Gefäß erwärmen, dessen Gestalt es erlaubt, den wie eine große Schleife gekrümmten Drahtbündel hineinzutauchen; so fährt man fort jeden Bündel nach und nach von einem Ende bis zum andern durch das siedende Oel zu ziehn.

Nach Wegnahme der falschen Brücke legte man die Bohlen. So wie sie nach und nach aufgenagelt und aneinander gepreßt wurden, so nahm auch die Festigkeit der Brücke, besonders in horizontaler Richtung zu. Jede Bohle wurde mit zwei starken sogenannten Schiffsnägeln auf jedes Randstück, mit einem ähnlichen Nagel auf den mittelsten Balken, und mit einem andern kleinern auf die Zwischenbalken befestigt. Diese drei letztern Nägel wurden

nicht in die Mittellinie der Bohle, wohl aber in eine Diagonal-Linie eingeschlagen, damit sie jeder drehenden Bewegung desto wirksamer widerstehn könnten.

In Hinsicht auf Festigkeit wäre vielleicht ein doppelter Fußboden von kleinen nach der Quere, oder schräg gelegten Bohlen, so daß die eine Reihe die andere kreuzte, vorzuziehn; aber ein solcher Fußboden ist nicht nur komplizirter, sondern er hat auch noch den Nachtheil, daß er, den Aufenthalt der Feuchtigkeit begünstigend, die Fäulniß des Holzes befördert.

Anmerkungen.

Anmerkung 1, Seite 51.

Die Länge, welche man einer Hängebrücke geben kann, findet ihr Ziel da, wo das dazu angewendete Eisen selbst das Gewicht erlaugt, was es zu tragen vermag; nehmen wir Eisendraht von No. 16 als Beispiel: er trägt, im Durchschnitt genommen, 622 Pfund, oder eine Länge von 16416 Pfund, denn jeder Meter wiegt Grammen 37, 89. Man kann also, in den Grenzen des Möglichen, eine Brücke 4000 Meter, oder eine französische Postmeile (lieue), lang machen. Will man aber in den Grenzen des Ausführbaren bleiben, so wird man finden, daß man, da das Gewicht des Fußbodens ohngefähr auf die Hälfte oder auf ein Drittel vom Gewicht des Drahtes, und der Pfeil auf $\frac{1}{20}$ der Länge zu veranschlagen ist, eine Brücke von 600 bis 800 Meter bauen kann, wenn man sich darauf beschränkt, die Drähte mit der Hälfte desjenigen Gewichtes zu belasten, welches sie tragen können.

Seguin und auch Dufour haben über die Kraft des Eisendrahtes mehre Versuche angestellt; wir wollen zunächst die Versuche des erstern hier anführen, welche uns über einige minder bekannte Eigenschaften des Eisens belehren, die besonders geeignet sind, bei denkenden Architekten Schlüsse zu veranlassen, die die Vortheile beim Gebrauch des Eisens für den Bau der Hängebrücken u. s. w. vermehren werden.

Aufmerksam mit dem Mikroskop Eisentheile untersuchend, welche durch die Kraft eines nach nnd nach vermehrten Gewichtes zerbrochen waren, bemerkte Seguin, daß die Eisenstangen, jemehr sie in ihrer Beschaffenheit dem Gußeisen ähnlich waren, desto regelmäßigere und feinere Krystalle mit glänzenden und symmetrischen Platten zeigten, während ausgeschweißtes, mit dem Hammer oder mit dem Zieheisen gestrecktes Eisen aus einer Menge von porösen Fädchen zu bestehen scheint, die um so feiner sind, je feiner der Draht selbst ist. Hieraus glaubte er schlie-

ßen zu müssen, daß das dem Ziehen unterworfene Eisen in der Anordnung seiner Krystalle eine Modification erleidet, der es seine mehr oder weniger große Zähigkeit zu danken hat. Wenn wir annehmen, daß das krystallisirte Metall aus mehren Ordnungen von Krystallen gebildet sey, deren erste, im Bruch dem bloßen Auge wahrnehmbare, selbst aus einer Reihe von unendlich kleinern Krystallen nach einem solchen Gesetz bestehe, daß alle Mittel, welche wir anwenden, um ihm jede, uns mögliche, Veränderung der Gestalt zu geben, nur fähig sind, die Gestalt der Krystalle der ersten Ordnung zu verändern, indem sie die der zweiten Ordnung nur gegen einander schieben; so wird, nach der Art und Weise, nach welcher das Eisen gezogen ist, eine Verbindung zwischen der Adhärenz der Seitenflächen der Krystalle erster Ordnung und der Cohäsion der Krystalle zweiter Ordnung entstehn, welche letztere der maxima und der minima fähig sind, die man in der folgenden Uebersicht von Versuchen findet. Diese Versuche nehmen unsere Aufmerksamkeit um so lebhafter in Anspruch, da sie auch durch die Resultate der Versuche des Oberstlieutenant Dufour zu Genf bestätigt sind.

Versuche über den Widerstand des seiner Länge nach gezogenen Eisens.

Erste Reihe. — Geschmiedetes Eisen. Man setzt in einen Granitfels eine eiserne Stange A ein, welche 14 Linien hoch, 12 Linien breit, und $2\frac{1}{2}$ Zoll lang ist. An ihrem Ende befindet sich ein Ring, in welchen man eine 6 Quadrat-Linien dicke eiserne Stange, von gleicher Qualität, eingehen läßt (siehe Tafel IV. Figur 3 und 4). Diese Stange ist an ihrem Ende in Gestalt einer Schleife umgebogen, die vermittelst eines eisernen Bandes GF mit Benutzung der Wulst N in ihrer Stellung erhalten wird; das Band GF wird von einem Stift zusammengezogen, dessen Druck inwendig durch einen Keil J gegengestützt ist; die untere Schleife greift in den Ring D einer runden Eisenstange, welche mit einem Schraubenbolzen und einer Schraubenmutter M an den Balken KL befestigt ist; dieser Balken ruhet vermittelst eines eisernen, messerförmigen Beschlages K auf dem Felsen.

Das Verhältniß der Hebel ist genau bestimmt; man belastet nach und nach mit den bekannten Gewichten P, Q, R, indem man ihre Stellungen verändert.

I.

14 Linien hoch 12 Linien breit = 168 Quadratlinien;

	Kilogrammen.
Auf die Quadratlinie . . .	103;
Auf den Quadratmillimeter .	20,23; (Fig. 3 u. 4).

Die obere Schleife zerbrach bei BC unter der Last von 4516 Kilorammen, mit einem Hebel von 27 Linien; um die Cohäsion des Eisens nach der Quadratlinie zu bestimmen, haben wir $\frac{C \times 14 \times 12 \times 7}{27} = 4516$ Kil., $C = 103$ Kil. (Siehe die Anm. 6).

Der zerbrochene Theil schien, mit bloßen Augen betrachtet, aus regelmäßigen, glänzenden Flächen, von ohngefähr einer Linie Seite, zu bestehn; das Eisen zerbrach, ohne daß man vorher eine Biegung desselben hätte wahrnehmen können.

II.

5 Linien 9 Punkte Seite, macht 33 Quadratlinien;

	Kil.
Auf die Quadratlinie, . . .	155.
Auf den Quadratmillimeter, .	30,45.

Die Anordnung, wie bei I; die obere Stange war durch eine andere von 2 Quadratzoll Seite ersetzt.

Die Stange zerbrach unter einer Last von 5226 Kilogrammen, nachdem sie 5126 Kilogrammen getragen hatte; der Bruch zeigte ein feines und regelmäßiges Korn.

III.

4 Linien 6 Punkte, macht 20,25 Quadratlinien;

	Kil.
Auf die Quadratlinie . .	280.
Auf den Millimeter . . .	55,20.

Die Anordnung, wie bei II.

Die 6 Linien dicke Stange wurde in der Mitte durchschnitten und wieder zusammen gelöthet; hierauf wurde sie gestreckt, bis sie 4 Linien 6 Punkte Seite hatte; man ließ sie erkalten, ohne sie auszuglühen zu lassen. Man machte zwei schwache Zeichen 0,330 weit von jeder Seite der Löthung.

Zeit.		Gewicht.	Verlängerung.	Länge des Raumes auf welchem die Verlängerung stattfindet auf 0,660 Meter.	Seite des Eisens, wo sich die Verlängerung endiget.	Fläche oder Durchschnitt des Eisens, wo sich die Verlängerung endiget.
Stund.	Min.			Das Eisen verliert von der Lage schwarzen Oxyd's, wovon es auf drei Räumen, jeden ohngefähr von 100 Millimeter, bedeckt ist; sie sind 50 Millim. von einander entfernt auf einem Raum,		
7	40					
Man fing an zu belasten			Millim.			
8	—	4, 377	8			
Man belastet langsam					L.	L.
8	10	5, 161	18		4, 9	22, 56
8	15	5, 161	25	400		
8	30	5, 580	30	500	5	25
8	40	5, 580	42	550	5, 3	27, 56
9	10	5, 688	54	660	5, 6	30, 25

Die zerbrochene Stelle schien, mit bloßen Augen betrachtet, ein feines und dichtes Korn zu haben; unter der Loupe gesehn bestand sie aus glänzenden Krystallen in unregelmäßigen Schuppen, die aber in der Mitte von größerer Dimension waren, als bis eine Linie weit von den Rändern.

IV.

2 Linien Seite, macht 4 Quadratlinien;

	Kil.
Auf die Quadratlinie	309 50
Auf den Millimeter	61

Die Anordnung, wie bei II.

Die Stange von 6 Linien wurde etwas über das Kirschrothe erhitzt und mit schwachen Hammerschlägen gestreckt: man gab nach und nach fünf Glühungen, bis sie auf zwei Linien zurückgebracht war; man ließ sie erkalten ohne sie anzulassen (auszuglühen).

Stunden.	Gewicht.	Verlängerung.
6 35′	545	1 Millim.
7	1,060	1
7 15	1,238	4

Das Eisen verlängerte sich während einiger Sekunden nur langsam, ohne daß man eine Verminderung der Dicke, noch ein Merkmal des nachgebenden Theiles hätte gewahr werden können. Es zerbrach nach dem es die Last 30″ getragen hatte.

Der zerbrochene Theil ist bei Figur 6 (Tafel IV) in natürlicher Größe abgebildet. Der Durchschnitt AB beträgt 2 Linien Seite; der Durchschnitt CD beträgt 1 Linie drei Punkte. Man brachte die Theile wieder zusammen, um die Verlängerung derselben zu messen; sie betrug 8 Millimeter. Die Schichten von Oxyd waren auf jeder Seite der Stelle des Bruchs nur 5 bis 6 Linien breit abgebröckelt; es ließ sich nicht mehr ausmitteln, auf welcher Total-Länge die Verlängerung stattgefunden hatte.

Durch das Mikroskop betrachtet, schien die zerbrochene Stelle aus einer Menge kleiner, grauen, sehr feinen Nadeln zu bestehn, welche in der Mitte sehr porös, aber an den Rändern dichter zu seyn schienen: im Mittelpunkt bemerkte man einige unregelmäßige Krystallflächen.

6 Linien Seite, macht 36 Quadratlinien;

	Kil.
Auf die Quadratlinie . . .	151
Auf den Quadratmillimeter .	29,70

Dieselbe Anordnung, wie bei II.

Die Stange von 6 Linien wurde weißglühend gemacht, bis zum Schweißen; hierauf ließ man sie langsam erkalten.

Man machte Einen Decimeter weit von einander zwei Zeichen, die vorher glühend gemachte Stelle bezeichnend.

Bemerkungen.

Last.	Verlängerung.	
3407 Kil.	0 Millim.	Man schraubt die Schraubenmutter M (Figur III. Tafel IV), welche 11 Linien innern Durchmesser und sieben Windungen jede 1 Linie betragend, hat, mit einem Schraubenschlüssel von 18 Zoll, der einen Hebel von 15 Zoll darstellt, um überzeugt zu seyn, daß die Schraubengänge widerstehn können.
3407	0	Ein Mensch schraubt mit Leichtigkeit.
4220	0	Desgleichen.
4840	1	Das schwarze Oxyd an der glühend gemachten Stelle bröckelte sich ab; Ein Mensch konnte die Schraubenmutter nur mit Anstrengung schrauben.
5282	1, 5	Ein Mensch konnte nicht länger schrauben; zwei Menschen bewegten die Schraubenmutter mit Leichtigkeit.
5535	2	Zwei Menschen konnten ohne Anstrengung schrauben; die Stange zerbrach an der Stelle, wo sie geglühet worden war; die Schraube und die Schraubenmutter waren unbeschädigt. Die Verlängerung war nur an der geglüheten Stelle bemerkbar.

Die zerbrochene Stelle, mit der Loupe betrachtet, bestand aus unregelmäßigen und schuppenartigen, Krystallisirungen, leicht gestreift, wie Farrenkraut-Blätter; an einem Orte zeigten sich eine Menge von kleinen feinen und porösen Fädchen, wie bei dem Draht.

VI.

5 Linien 11 Punkte Seite, macht 35 Quadratlinien;
Auf die Quadratlinie . . . 151 Kil.
Auf den Quadratmillimeter . 29,70

Man machte zwei Zeichen in einem Abstand von 0,1 Meter von einander.

Gewicht.	Verlängerung.
4220	1
4840	2
5282	2,5

Der Bruch geschah an der obern Schleife, welche in einem Durchschnitt von 26 Quadratlinien auf dem Ring ruhete.

VII.

9 Linien breit, 9 Punkte dick 6,75 Quadratlinien;
Auf die Quadratlinie . . . 228 Kil.
Auf den Quadratmillimeter . 44,70

Die Schiene, gewöhnlich Bandeisen genannt, wurde an jedem Ende umgebogen und die Beugungen, nachdem sie durch die beiden Ringe gesteckt worden waren, mit kleinen Schraubstücken fest zugehalten.

Man machte 2 Zeichen 0,1 Meter weit von einander.

Gewicht. Kil.	Verlängerung. Millim.	Bemerkungen.
540	0	
1236	1	
1324	4	Die Verlängerung geschah ohne Abbröckeln des Oxydes.
1368	6	
1412	7	
1456	8	
1500	11	Das Oxyd lösete sich ab.
1541	15	

Die Schiene zerbrach, nachdem sie die Last 40 Sekunden getragen hatte.

Die zerbrochene Stelle, durch die Loupe betrachtet, zeigte eine Menge von kleinen sehr porösen Schuppen, wie man sie im Draht sieht, jedoch von mehr schwammiger Contextur als bei diesem.

Um sich von der Dehnbarkeit des Eisens zu überzeugen, bog man es, bevor man es zerbrechen konnte, siebenzehn Mal über das Knie, so daß es jedes Mal eine Winkel-Distanz von 180 Graden, in entgegengesetzter Richtung von der vorher gehenden Biegung, durchlief.

Zweite Reihe. — Eisen mit dem Zieheisen gezogen. — Burgundischer Draht, von No. 8, aus einer unbekannten Fabrik, ungleich angelassen (ausgeglühet).

	Kil.
Gewicht eines Meter, der Länge nach gerechnet, ...	0,008404
	Meter.
Durchmesser	0,0011722
	Meter.
Durchschnitt	0,00000108
	Kil.
Getragenes Gewicht im Durchschnitt .	41,30
Dasselbe auf den Quadratmillimeter .	38,24

Man leitet den Halbmesser und den Durchschnitt aus dem Gewicht eines Meter, nach folgendem Verhältniß her:

Ein Kubikmeter: 7780 Kilogrammen (Dichtigkeit des Eisens) = π R^2 Durchschnittsfläche des Drahts: 0,008404 Kilogrammen, (seinem Gewicht); woraus man dann herleitet 7780 $\pi R^2 = 0,008404$, welches giebt
Meter.
$R = 0,0005861$, und für den Durchschnitt πR^2
$= \frac{0,008404}{7780} = 0,00000108.$

Die Länge der Fäden beträgt 1,50 Meter. Um die Verlängerung zu messen, macht man zwei Zeichen 1 Meter weit von einander entfernt.

	Verlängerung.					
	Nummern der Versuche.					
	1	2	3	4	5	6
Gewicht.	Millim.					
23	0	0	0	0	0	0
28	2	2	20	0	0	0
33	4	40	24	0	4	0
38	12	78	60	2	26	—
39	—	92	66	4	32	—
40	—	136	88	8	34	—
41	26	184	—	8	40	—
42	28	—	—	50	24	—
Getragenes Gewicht	42	41	40	42	42	42
Durchschnittszahl	41, 30					
Durchschnittszahl auf den Millim.	38, 24					

II.

Derselbe Draht (No. 7.) sorgfältig geglühet.

	Kil.
Gewicht eines Meter	0, 006910
	Meter.
Durchmesser	0, 001062
Durchschnitt.	0, 000000888
	Kil.
Getragenes Gewicht im Durchschnitt gerechnet	32, 5
Dasselbe auf den Quadratmillimeter . . .	36, 09
Verlängerung im Durchschnitt gerechnet. .	0, 102

Gewicht.	Verlängerung auf den Meter. Nummern der Versuche. 1	2	3	4
	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.
23	2	10	2	2
24	3	12	3	4
25	6	13	4	6
26	9	14	5	10
27	14	16	6	22
28	24	—	—	50
29	42	24	30	62
29, 20	44	32	32	—
29, 40	50	36	40	—
29, 60	52	44	44	—
29, 80	55	52	52	—
30	58	54	58	70
30, 20	60	58	60	72
30, 40	62	62	62	74
30, 60	64	68	64	76
30, 80	70	72	68	78
31	76	80	72	80
31, 20	82	—	74	82
31, 40	86	—	76	86
31, 60	—	—	78	94
31, 80	—	—	80	100
32	—	—	86	108
32, 20	—	—	96	122
32, 40	—	—	104	—
32, 60	—	—	110	—
32, 80	—	—	116	—
33	—	—	118	—
33, 20	—	—	118	—
33, 40	—	—	118	—
33, 60	—	—	120	—
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Getragenes Gewicht	31, 40	31	33, 60	33, 20

Durchschnittszahl 32, 05 Kil., auf den Millim. 36, 09 Kil.

Anmerk. Die geringste Erschütterung beim Aufsetzen des Gewichts verursacht eine merkliche Vermehrung der Verlängerung.

III.

Derselbe Draht, No. 7., nicht geglühet;

	Kil.
Gewicht eines Meter	0, 006910
	Meter.
Durchmesser	0, 001062
Durchschnitt	0, 000000888
	Kil.
Getragenes Gewicht im Durchschnitt gerechnet	65, 50
Dasselbe auf den Millim.	73, 73
Verlängerung unter der Last . . .	0, 0054
Verlängerung, welche blieb. . . .	0, 00075

Verlängerung auf den Meter.

	Nummern der Versuche.			
	1	2	3	4
Gewicht.				
38	2	1	—	—
48	3	2	—	—
58	4	4	—	—
63	5	5	4	—
64	—	5	—	—
65	5, 5	—	5	—
66	—	—	—	6
67	6	—	—	—
Getragenes Gewicht	67	64	65	66
Durchschnittszahl 65, 50; auf den Quadratmillim. 73, 73.				
Verlängerung	6	5	5	6
Verlängerung, welche blieb	1	0, 50	0, 50	0, 1

Bemerkung. Der Draht verlängerte sich vermöge seiner Elasticität. Er nahm seine erste Dimension wieder an, wenn er entlastet wurde.

Um zu sehen, welchen Einfluß die Verlängerung und das Ausglühen auf den in Oxyd verwandelten Eisentheil ausübt, wog man einen ausgeglüheten Draht; die Verschiedenheit im Uebermaaß betrug 36 Milligrammen, welches eine gleiche Quantität von absorbirtem Oxygen vor-

stellt. Da das schwarze Oxyd aus Metall, 100, gebildet war; so stellte das Oxygen, 37, in Oxyd verwandeltes Eisen 0,097 Grammen vor; wodurch das Gewicht des geglüheten Eisens auf 6878 reduzirt wurde, und für die Verlängerung 6813 — 6813 × 0,102 = 6118, Gewicht von einem Meter Eisen, welches 32,05 Kilogrammen getragen hatte. Wenn es dieselbe Dimension gehabt hätte, wie das nicht geglühete Eisen; so würde es in derselben Proportion 36,20, anstatt 65,50 getragen haben; also hängt das Uebermaaß der Kraft des nicht geglüheten Drahtes von einer andern Ursache ab.

IV.

Derselbe Draht, No. 18. nicht geglühet.

	Kil.
Gewicht eines Meter	0,069300
	Meter.
Durchmesser	0,003366
Durchschnitt	0,000008905
	Kil.
Getragenes Gewicht im Durchschn. gerechnet	505,60
Dasselbe auf den Quadratmillim. . . .	56,77
Verlängerung im Durchschnitt gerechnet.	0,0058
Dieselbe, welche nach dem Bruch bleibt .	0,0009

	Verlängerung auf den Meter.				
	Nummern der Versuche				
	1	2	3	4	5
Gewicht	Millim.				
408	—	4	—	—	—
424	—	6	—	—	2
456	—	7	2	—	4
472	—	8	—	—	—
488	—	8	4	4	5
506	—	8	6	5	—
522	3	—	—	—	—
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Getragenes Gewicht	522	506	506	506	488

	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.	Mill.
Verlängerung	3	8	6	5	5
Dieselbe, welche nach dem Bruch bleibt	0,5	1,50	1	1	0,5

Kil.
Durchschnittszahl, 505,60, auf den Quadratmillim, 56,77

Bemerkung. Die Verlängerung geschah durch die Elasticität des Drahtes, welcher fast seine vorige Dimension wieder annimmt, wenn er entlastet wird.

V.

Versuch, um die Progression der Verlängerung des Drahtes zu messen.

Draht No. 7. von der Witwe Fleur.

	Meter.
Länge des Drahtes.	12,20.

Gewicht.	Gesammtverlängerung. Millim.	Dieselbe auf den Meter.
18	4	0,0003
24	8	0,0006
32	14	0,0011
36	18	0,0015
40	22	0,0018
44	26	0,0021

Man gab beim Belasten eine schwache Erschütterung, welche eine Verlängerung verursachte; nach Verlauf von fünf Minuten wurde gemessen

	30	0,0025
50	35	0,0028
54	40	0,0032
58	48	0,0039
62	58	0,0047
64	60	0,0049
65	62	0,0051
66	64	0,0052

VI.

Versuch um den Einfluß des Bindens zu messen.

Draht No. 13. von der Witwe Fleur.

Der Knoten, welcher Tafel III. Figur 11 abgebildet ist.

Nummern der Versuche	Getragenes Gewicht.	
1	140	zerbrach im Knoten.
2	135	
3	146	
4	147	
Durchschnittszahl	142	

Das bei der Genfer Brücke gebrauchte Binden, welches Tafel III Figur 12 abgebildet ist.

Nummern der Versuche	Getragenes Gewicht.	
1	148	zerbrach außerhalb des Knotens.
2	148	

VII.

Versuch, um die Kraft des in Bündel vereinigten Drahtes zu messen.

Draht No. 9., von der Witwe Fleur.

Bei A Figur 3, Tafel IV. befestigt man einen gußeisernen Kloben, welcher fünf Zoll im Durchmesser hält. man bildet einen Bündel (Seil) von 44 Fäden, indem der Eisendraht zwei und zwanzig Mal wechselsweise über den Kloben und unter den Balken gezogen (gewickelt) wird; das erste Ende drehet man mit dem letztern zusammen, um beide mit einander zu verknüpfen.

Nun fängt man an, zu belasten.

Unter dem Gewicht von 1,500 verschwanden die kleinen Ungleichheiten gänzlich, welche noch in der Spannung statt fanden, und die Fäden der beiden Bündel schienen alle vollkommen gleich gespannt zu seyn; es wurden sechs

Bänder von geglüheten Draht No. 1. zwei bis drei Zoll lang, angelegt und fest zusammengezogen.

Der Bündel zerriß unter dem Gewicht von 4009 Kilogrammen; zuerst zerriß nur ein Faden, worauf sogleich noch vierzehn Fäden folgten; da der Balken nur zwei Zoll Raum zu durchlaufen hatte, um auf die Erde zu fallen, so blieben sechs Fäden unzerrissen, die aber vom nächsten Bruch abglitten.

Die Durchschnittszahl von No. 9. = 91, 74 × 44 = 4037. Diese Bündel trugen 4009, oder 28 Kilogrammen weniger, als die Durchschnittszahl angiebt: man muß aber bemerken, daß die Wahrscheinlichkeit einer gleichen Spannung siebenzehn Mal geringer war, als bei den Seilen von 34 Meter.

VIII.

Versuche über die Zähigkeit des feinsten Eisendrahtes aus der Fabrik von Laigle, welcher zu Kardätschen (Krämpeln) gebraucht wird.

	Gramm.
Gewicht eines Meter	0, 322
Durchmesser	0, 0002294
Durchschnitt	0, 00000004138
	Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Quadratmill.	89, 85

	Kil.	
1	3, 562	Durchschnittszahl 3, 718.
2	3, 700	
3	3, 800	
4	3, 900	
5	3, 600	
6	3, 750	

IX.

Versuche über die Zähigkeit des Eisens aus der Manufactur der Witwe Fleur, zu Besançon.

Perl-Gang (passe-perle), ziemlich geschmeidig.

	Gramm.
Gewicht eines Meter	2, 142

		Gramm.
Durchmesser	. . . .	0,0005917
Durchschnitt	. . . .	0,0000002752
Auf den Quadratmillimeter	. . . . .	85,73

1	22,50	Durchschnittszahl, 23,60.
2	23,50	
3	23	
4	25	
5	24	

Draht No. 1. geschmeidig, Fädchen bildend, wenn man ihn zerbricht.

		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	2,342
Durchmesser	. . . .	0,0006188
Durchschnitt	. . . .	0,0000003009
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	.	86,11

1	25	Durchschnittszahl, 25,96
2	26	
3	24,50	
4	24,50	
5	28	
6	27,75	

No. 2. geschmeidig.

		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	3,064
Durchmesser	. . . .	0,0007078
Durchschnitt	. . . .	0,0000003937
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	. .	86,98

1	34	Durchschnittszahl, 34,25
2	34	
3	35	
4	34	

No. 3. brüchig (spröde).

		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	3,284

		Gramm.
Durchmesser	. . . .	0, 0007327
Durchschnitt	. . . .	0, 0000004220
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	.	80, 84

1	37	Durchschnittszahl, 34, 12
2	33	
3	32, 50	
4	34	

No. 4. brüchig.

		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	4, 296
Durchmesser	. . . .	0, 0008380
Durchschnitt	. . . .	0, 0000005520
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millimeter.		76, 61

1	40, 50	Durchschnittszahl, 42, 30
2	41, 50	
3	42, 50	
4	43, 00	
5	44	

No. 5. sehr brüchig.

		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	5, 082
Durchmesser	. . . .	0, 0009115
Durchschnitt	. . . .	0, 0000006531
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.		72, 34

1	46	Durchschnittszahl, 47, 25,
2	48, 50	
3	48, 50	
4	46,	

No. 6.

		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	6, 398

		Gramm.
Durchmesser	. . . .	0, 001022
Durchschnitt	. . . .	0, 0000008222
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.		76, 08

1 65, 70
2 63, 10
3 58, 00
4 62
5 64
} Durchschnittszahl, 62, 56.

No. 7.

		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	7, 130
Durchmesser	. . . .	0, 00108
Durchschnitt	. . . .	0, 0000009162
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	.	71, 22

1 65, 50
2 64, 50
3 64, 50
4 66, 50
} Durchschnittszahl, 65, 25

No. 8. sehr brüchig.

		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	7, 720
Durchmesser	. . . .	0, 001123
Durchschnitt	. . . .	0, 0000009921
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.		67, 28

1 68, 50
2 64, 50
3 69, 00
4 65
} Durchschnittszahl, 66, 75

No. 9. sehr brüchig.

		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . . . .	10, 232

	Gramm.
Durchmesser	0, 001293
Durchschnitt	0, 000001315
	Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millimeter.	69, 77.

1	89, 30	Durchschnittszahl, 91, 74
2	91	
3	92	
4	93, 50	
5	92, 80	

No. 10. sehr geschmeidig.

	Gramm.
Gewicht eines Meter	12, 600
Durchmesser	0, 001435
Durchschnitt	0, 000001619
	Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millimeter.	64, 84

1	104	Durchschnittszahl, 105.
2	97	
3	107	
4	109	
5	108	

No. 11. sehr geschmeidig.

	Gramm.
Gewicht eines Meter	13, 320
Durchmesser	0, 001476
Durchschnitt	0, 000001711
	Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millimeter.	58, 56

1	94	Durchschnittszahl, 100, 25
2	107	
3	103	
4	97	

No. 12.

	Gramm.
Gewicht eines Meter	17, 490

	Gramm.
Durchmesser	0, 001691
Durchschnitt	0, 000002247
	Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	55, 52

1	123	Durchschnittszahl, 124, 80
2	123	
3	117	
4	130	
5	131	

No. 13.

	Gramm.
Gewicht eines Meter	19, 800
Durchmesser	0, 0018
Durchschnitt	0, 000002544
	Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	57, 18

1	148	Durchschnittszahl, 145, 50
2	140	
3	148	
4	146	

No. 14.

	Gramm.
Gewicht eines Meter	26, 270
Durchmesser	0, 002072
Durchschnitt	0, 000003376
	Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	49, 32

1	168	Durchschnittszahlzahl, 166, 50
2	162	
3	162	
4	174	

No. 15.

	Gramm.
Gewicht eines Meter	30, 310

		Gramm.
Durchmesser	. . . .	0, 002226
Durchschnitt	. . . .	0, 000003895
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	.	51, 86

1 205
2 200
3 205
4 205
5 205
6 192 } Durchschnittszahl, 202

No. 16, sehr geschmeidig		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	37, 890
Durchmesser	. . . .	0, 002489
Durchschnitt	. . . .	0, 000004869
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millimeter.		63, 87

1 315
2 300
3 315
4 315
5 310 } Durchschnittszahl, 311

No. 17. geschmeidig, mit fehlerhaften Stellen.		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	44, 440
Durchmesser	. . . .	0, 002695
Durchschnitt	. . . .	0, 000005711
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	.	68, 15

1 350
2. 370
3 375
4 420
5 421. } Durchschnittszahl, 389, 20

No. 18. geschmeidig.		Gramm.
Gewicht eines Meter	. . . .	57, 160.
Durchmesser	. . . .	0, 003087
Durchschnitt	. . . .	0, 000007345
		Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim.	.	84, 00

1	626	Durchschnittszahl, 617.
2	617	
3	617	
4	608	

No. 19. Gramm.

Gewicht eines Meter 74, 600
Durchmesser 0, 003492
Durchschnitt 0, 000009586
Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millimeter. . 78, 23

1	735	Durchschnittszahl, 750.
2	754	
3	745	
4	766	

No. 20. Gramm.

Gewicht eines Meter 103, 536
Durchmesser 0, 00414
Durchschnitt 0, 0000133
Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millimeter. . . 65, 74

1	905	Durchschnittszahl, 874, 75.
2	860	
3	854	
4	880	

No. 21. Gramm.

Gewicht eines Meter 141, 636
Durchmesser 0, 004812
Durchschnitt 0, 00001820
Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millimeter . . 62, 52

1	1188	Durchschnittszahl, 1138.
2	1088	

No. 22. sehr brüchig. Gramm.

Gewicht eines Meter. 181, 596
Durchmesser 0, 005449
Durchschnitt 0, 00002333
Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim. . . . 67, 66

1	1611	Durchschnitt, 1579.
2	1547	

No. 23. geschmeidig. Gramm.

Gewicht eines Meter 216, 006
Durchmesser 0, 005942
Durchschnitt. 0, 00002775
Kil.
Getragenes Gewicht, auf den Millim. . . . 62, 63

1	1764	Durchschnittszahl, 173850.
2	1713	

Comparative Uebersicht von der Kraft des Eisens.

Angabe der Kraft des Eisens.		Dimensionen.	Getragenes Gewicht.	Zähigkeit auf den Millim.	Bemerkungen.
		Millimeter.	Kilogr.	Kilogr.	
Gußeisen		6, 7 zu 6, 7	476	10, 58	Von einem zerbrochenen Topf genommen.
Burgundisch Eisen . . .		32 — 27		20, 23	Grobkörnig.
Idem Krauseisen.		13 — 13	5226	30, 45	
Idem id.		13, 5 — 13, 5	5435	29, 70	Bis zur Schweißhitze geglühet, und dann langsam erkaltet.
Idem id.		13, 3 — 13, 3	5280	29, 70	Mitten durchschnitten, zusammengeschweißt, ohne zu strecken.
Idem id.		10, 15 — 10, 15	5688	55, 20	Mitten durchschnitten, zusammengeschweißt und gestreckt.
Idem id.		4, 5 — 4, 5	1238	61, 00	Mehr gestreckt als das vorige, ohne Schweißung.
Idem Bandeisen.		20, 3 — 1, 7	1541	44, 70	Sehr geschmeidig, im Bruch poröse Fädchen.
Eisen aus Burgund erhalten, Fabrik unbekannt.	No. 8	1, 172 Durchmesser.	41, 30	38, 24	Ungleich geglühet.
	7	1, 062	31, 40	36, 09	Sorgfältig geglühet.
	18	3, 366	505, 60	56, 77	Nicht geglühet.
	7	1, 062	65, 50	73, 73	Nicht geglühet.
Draht von Laigle . .		0, 2294	3, 718	89, 85	Zu Kardätschen gebraucht.
Perl-Gang (passe-perle)		0, 5917	23, 60	85, 73	Ziemlich geschmeidig.
Eisendraht, aus der Manufactur der Witwe Fleur zu Besançon.	No. 1	0, 6188	25, 96	86, 11	Geschmeidig.
	2	0, 7078	34, 25	86, 98	Geschmeidig.
	3	0, 7327	34, 12	80, 84	Spröde.
	4	0, 8380	42, 30	76, 61	Spröde.
	5	0, 9115	47, 25	72, 34	Sehr spröde.
	6	1, 022	62, 56	76, 08	
	7	1, 080	65, 25	71, 21	
	8	1, 123	66, 75	67, 28	Sehr spröde.
	9	1, 293	91, 74	69, 77	Ziemlich spröde.
	10	1, 435	105	64, 84	Sehr geschmeidig.
	11	1, 476	100, 25	58, 56	Sehr geschmeidig.
	12	1, 691	124, 80	55, 52	
	13	1, 800	145, 50	57, 18	
	14	2, 072	166, 50	49, 32	Sehr geschmeidig, ohne Federkraft.
	15	2, 226	202	51, 86	
	16	2, 489	311	63, 87	Sehr geschmeidig.
	17	2, 695	389	68, 15	Brüchig.
	18	3, 087	617	84, 00	
	19	3, 492	750	78, 23	
	20	4, 140	874, 75	65, 74	
	21	4, 812	1138	62, 52	
	22	5, 449	1579	67, 66	Sehr spröde.
	23	5, 942	1738, 50	62, 63	Geschmeidig.

Es sind also hier zwei minima der Kraft. Das erste minimum findet sich in den Nummern 18 und 19; das zweite in den feinsten Nummern; und außerdem ist noch ein minimum in den Nummern 14 und 15. Die Zwischen-Abweichungen, welche man von zwei zu zwei oder von drei zu drei Punkten bemerkt, werden vermuthlich von den nach einander folgenden Verlängerungen verursacht, die das Eisen in der Fabrik erlitten hat, wo es, ohne vorher geglühet zu werden, zwei oder drei Mal durch die Zieheisen gezogen wird; hier kann es, von übermäßigem Ziehen ohne Glühung, Riße bekommen; oder es kann sich der Zähigkeit des geglüheten Drahtes nähern, wenn es nach der Glühung zu wenig gezogen ist. Wäre diese Vermuthung richtig, so könnte eine mit der Kraft des Eisens verhältnißmäßige Verlängerung, die sich durch Versuche in einer Manufactur leicht ausmitteln ließe, viel dazu beitragen, dem Draht die verlangte Qualität zu geben. Je mehr der Bau der Drahtbrücken verbreitet wird, um so wichtiger wird eine gründliche Erörterung jener Frage.

Die von Dufour angestellten Versuche über die Zähigkeit des Eisendrahtes.

Sie hatten zum Zweck, die absolute Kraft des Eisendrahtes von verschiedener Dicke, aus Fabriken in der Nähe von Genf, zu bestimmen; seine Verlängerung unter dem Gewicht, die Wirkungen der Erschütterungen und den Einfluß der Glühung, auf denselben, auszumitteln; außerdem sollten sie noch bewähren, bis zu welchem Punkt die Beugungen und Schleifen unter einer gegebenen Last einen Bruch veranlassen können. Der Durchmesser des Drahtes wurde mit einem kleinen Zirkel gemessen, welcher unmittelbar $\frac{1}{10}$ Millimeter angab; mit einiger Uebung war es leicht, durch dies Instrument auch $\frac{1}{20}$ Millimeter zu schätzen; überdem wurden diese Maaße vermittelst eines Mikrometer bewährt, welches den zehntausendsten Theil eines englischen Zolles angiebt. Der Kürze wegen wollen wir diese Versuche, da, wo es möglich, nur tabellarisch angeben. Zuvor bemerken wir noch, daß unter dem Ausdruck: relative Kraft — die Kraft oder Haltbarkeit zu verstehen ist, welcher ein Quadratmillimeter Draht fähig ist: sie

läßt sich finden, wenn man die Zahl des Gewichts, welches der Draht zu tragen vermag, mit der Zahl des Durchschnittes des Drahtes dividirt.

Versuche über den Draht aus der Fabrik von Ferrière.

Anzahl der Versuche.	Nummern des Drahtes.	Durchmesser nach Millimeter.	Durchschnitt nach Quadratmillimeter.	Kraft vor dem Zerbrechen, nach Kilogrammen. Absolute Kraft. Roh.	Absolute Kraft. Geglühet.	Relative Kraft, oder auf den Quadratmillimeter. Roh.	Relative Kraft, oder auf den Quadratmillimeter. Geglühet.
6	4	0,85	0,569	47 Minimum. 48 Durchschnitt. 50 Maximum.		84,4	
				. . . .	21 . .	. . .	36,75
10	13	1,90	2,835	180 Minimum. 196 Durchschn. 207 Maximum.		69,1	
				. . .	101 . .	. . .	35,7
6	17	2,75	5,941	382 . . .	. . .	64,3	
8	. .	. . .	. . .	. . . .	196 . .	. . .	33
3	19	3,70	10,752	776 . . .	. . .	72,2	
				. . . .	403 . .	. . .	37,4

Wie wir hier sehen, weichen beim Draht No. 13 die Extreme sehr von einander ab; das Maximum beträgt 207, während das Minimum nur 180 ausmacht. Dies

rührte von der Qualität des Eisens her, welches einige brüchige Stellen hatte. Es war auffallend, daß die relative Kraft von No. 19 die der beiden vorhergehenden Nummern überstieg, da die Progression der relativen Kraft so offenbar abnehmend war. Durch diese Abweichung der Resultate wurde Dufour veranlaßt, mit den nämlichen Nummern, aber aus der Fabrik der Herrn Duroveray und Carteret zu St. Gingolf, eine andere Reihe von Versuchen anzustellen. Das Eisen dieses Drahtes war einerlei Ursprungs. Der geglühete Draht zeigte ebenfalls eine um die Hälfte geringere Kraft.

No.	Durchmesser.	Absolute Kraft.	Kraft auf den Quadratmillim.
	Millim.	Kil.	Kil.
4	0,85	38,5	67,7
13	1,90	178,0	62,8
17	2,75	349,0	49,4
19	3,70	644,0	59,9

Die No. 17 zeigt hier eine Abweichung, welche der Abweichung der No. 19 in der vorigen Tabelle entgegengesetzt ist, das heißt, ihre Kraft ist im Vergleich zu den übrigen Nummern offenbar zu gering. Dies mochte daher kommen, daß der Draht nicht gehörig gezogen war; denn sein Durchmesser betrug 3 Mil. 00 anstatt 2 Mil. 75.

Aus dem Vorhergehenden kann man schließen, daß der 1 bis 4 und 5 Millimeter dicke Draht, im Durchschnitt wenigstens 60 Kilogrammen auf den Quadratmillimeter trägt. Nach den zahlreichen Versuchen, welche seit Muschenbroeck bis jetzt über die Kraft des geschmiedeten Eisens angestellt wurden, scheint es, daß Stangen, welche nicht mehr als 6 Millimeter Gevierte haben, nur 40 bis 45 Kilogrammen tragen, und daß man bei dickern Stangen nur auf 25 bis 30 Kilogrammen rechnen kann. Barlow's *) Versuche über die Kraft des geschmiedeten Eisens, welche Navier **) in seiner Abhandlung anführt,

*) Barlow, Strenght of timber. E. T. I.

**) Rapport à Mr Becquey, et mémoire sur les ponts suspendus. in 4 avec atlas in folio. Ist in Leipzig bei Voß zu haben.

und die auch mit Rondelet's *) Versuchen ziemlich übereinkommen, zeigen, daß eine Stange, welche nur 6 Millimeter Gevierte hält, 35 bis 45 Kilogrammen auf den Quadratmillimeter trägt, während dickere Stangen nur 25 bis 30 Kilogrammen tragen: Duleau **) giebt eine Uebersicht von allen bis zum Jahr 1820 über den Widerstand des geschmiedeten Eisens angestellten Versuchen, woraus ebenfalls hervorgeht, daß dieser Widerstand auf den Quadratmillimeter 44 bis 45 Kilogrammen beträgt.

Nach Seguin's Beobachtungen betrug dieser mittlere Widerstand 40 Kilogrammen für Stangen, deren Dimensionen von 0M,0045 bis zu 0M,0315 Seite variirten; auch dies ist von den schon bekannten Resultaten sehr wenig verschieden.

Indessen bemerkt man doch, daß die Cohäsions-Kraft der Eisenstangen um so beträchtlicher ist, je weniger ihr Calibre beträgt.

So beträgt diese Kraft 61 Kilogrammen für Stangen von 0M, 0045 Seite, während sie in Stangen von 0M,0315 zu 0M,0270 ohngefähr nur 21 Kilogrammen, oder drei Mal weniger ausmacht. Dies rührt höchst wahrscheinlich von der neuen Ordnung her, welche die Eisentheilchen unter einander annehmen, wenn sie weit mehr ausgeschweißt werden.

Man sieht hieraus, daß es außerordentlich vortheilhafter ist, beim Bau der Hängebrücken lieber Draht als geschmiedetes Stangeneisen anzuwenden: der Draht ist mehr handlich und hat doppelte Kraft; man kann den Widerstand ganz genau nach der Anstrengung, die man zu überwinden hat, einrichten, indem man die gehörige Anzahl von Drahtfäden anwendet; und man ist gegen die Gefahr brüchiger Stellen gesichert, die bei dicken Eisenstangen dem Auge nicht offenbar sind.

Das Ziehen des Drahtes durch das Zieheisen erzeugt auf der Oberfläche desselben eine Art von Epider-

---

*) Rondelet, Art de bâtir, tome IV. Zum Nachlesen ist noch zu empfehlen: Girard, de la résistance des solides.

**) Siehe Duleau, Essai sur la resistance du fer forgé. in 4. fig. In Leipzig bei Leopold Voß zu haben.

mis, welche dichter ist als die innern Theile des Drahtes. Ihr verdankt der Draht einen großen Theil seiner Kraft und bei kleinen Stücken nimmt sie verhältnißmäßig einen größern Theil der transversalen Fläche ein, als bei Drahtstücken von größern Dimensionen. Daher mag es denn auch wohl kommen, daß der feinste Draht, zum Beispiel der, welcher zur Verfertigung der Kardätschen gebraucht wird, auf den Quadratmillimeter einen Widerstand von 80 Kilogrammen leistet, während Draht von vier und zwanzig bis fünf und zwanzig Mal größerem Durchmesser eine Cohäsions-Kraft ohngefähr nur von 60 Kilogrammen besitzt.

Da der Messingdraht von der Feuchtigkeit der Luft weniger leidet, als der Eisendraht; so hat man ihn zum Bau der Hängebrücken vorgeschlagen; aber sein fünfmal höherer Preis, wird gegen seine Anwendung zu jenem Zweck ein bedeutendes Hinderniß bleiben. Indessen wird es wohl nicht ganz ohne Nutzen seyn, wenn ich hier einige Versuche, die Dufour über den Widerstand des Messingdrahtes anstellte, anführe. Der Kürze wegen sind sie tabellarisch zusammengestellt.

Die Resultate von Dufour's Versuchen über die Kraft des Messingdrahtes.

Anzahl der Versuche.	No.	Durchmesser.	Durchschn.	Absolute Kraft.	Relative Kraft.
4	4	0, 85	0, 569	48, 5	85, 2
2	4 geglühet			23, 5	—
4	13	1, 90	3, 835	117, 5	41, 4
2	13 geglühet			84, 0	—
4	13			187, 5	66, 1
2	13 geglühet			100, 5	—

Versuche beweisen, daß der Draht sich um so mehr verlängert, je dünner er ist. Der Eisendraht No. 4 verlängerte sich vor dem Zerreißen um 0,0057 auf 1; No. 13, um 0,0047; No. 14, um 0,0040; No. 17 um 0,0035; und No. 19, um 0,0033. Ein Seil, aus zwölf neben einander gelegten und in gewissen Abständen zusammengebnndenen Drahtfäden, von No. 13, bestehend, welches zehn Meter lang, und mit 3000 Kilogrammen belastet war, verlängerte sich so viel, daß man von einem hundert Meter langen Seil $1\frac{1}{2}$ Meter, oder mit andern Worten $\frac{150}{10000}$ seiner ursprünglichen Länge, Verlängerung annehmen kann.

Die Verlängerung des geglüheten Drahtes ist beträchtlich; sie ist fast bei allen Nummern gleich, nämlich, $\frac{15}{100}$ der ganzen Länge, beim Messingdraht beläuft sie sich bis auf 1 Drittel.

Die Untersuchungen welche Dufour über den Einfluß der Falten und der Knoten auf die Kraft des Drahtes anstellte, ergaben, daß ein, über Ringe oder Stangen von 40 Millimeter Durchmesser gekrümmter Draht in seiner Widerstands-Kraft nicht geschwächt wird.

Vom Stoß.

Die zum Bau der Hängebrücken angewendeten Drähte werden zwar nur mit einem Theil des Gewichts belastet, welches sie bis zum Augenblick des Zerreißens tragen können; sie sind aber auch gewaltsamen Kräften ausgesetzt, die um so gefährlicher sind, je spröder der Draht ist; daher suchte Dufour auszumitteln, was für einen Widerstand der Draht, welcher schon mit der Hälfte oder mit dem Drittel des seinen Bruch bewirkenden Gewichtes belastet ist, der gewaltsamen Kraft oder dem Stoß (Choc) entgegenzusetzen vermag.

Ein Drahtfaden No. 13. St Gingolf, wurde anfangs mit 70 Kilogrammen, ohngefähr $\frac{4}{10}$ seiner absoluten Kraft, belastet. Man ließ in den Kasten, welcher das Gewicht trug, eine zehn Kilogrammen schwere Eisenmasse zuerst zwei, dann vier, sechs und zehn Centimeter bis 1 Meter hoch herunterfallen, ohne irgend einen Effect hervorzubringen. Hierauf wurde die Last bis auf 100 Kilo-

grammen vermehrt, so daß sie über die Hälfte des Maximum betrug; nun verursachten zehn Kilogrammen, durch 55 Centimeter hohen Fall, in mehren Versuchen den Bruch des Drahtes. Die Bänder von 40 Millimeter widerstanden sehr gut, wenn sie von Eisendraht waren; aber die von Messingdraht zerrissen. Die Höhe des Falles, welche wir gefunden haben, giebt durch die bekannte Formel $\sqrt{2gh}$ eine Geschwindigkeit von 328, 5 Centimeter (da g gleich ist 9M809 für die Sexagesimal-Secunde), wodurch sich eine, durch die Zahl 3285 ausgedrückte Bewegungs-Quantität ergiebt, welcher der belastete Draht, wie wir schon gesagt haben, nicht widerstehn konnte; hieraus können wir schließen, daß der Draht No. 13, wenn er nur die Hälfte von dem Gewicht trägt, welches ihn zu zerreißen vermag, ohne Gefahr eine durch die runde Zahl 3000 ausgedrückte Bewegungs-Quantität auszuhalten vermag; das Gewicht ist nach Kilogrammen angegeben und die Geschwindigkeit nach Centimetern gemessen.

Der Draht No. 14. St. Gingolf, die Hälfte des Maximum-Gewichts tragend, zerriß mehrmals unter dem Stoß von zehn Kilogrammen, welche 95 Centimeter hoch herabfielen; hieraus ergiebt sich eine Geschwindigkeit von 432 Centimeter und eine Bewegungs-Quantität von 4320: folglich kann der so belastete Draht einer, durch die runde Zahl 4000 ausgedrückten Bewegungs-Quantität widerstehn; dies beträgt 1000 mehr als für No. 13. Derselbe Draht, nur ein Drittel des Maximum-Gewichts tragend, gab in mehren Versuchen nur einem mittlern Fall von 138 Centimetern nach, welcher einer Geschwintigkeit von 520 Centimetern entspricht und 5200 als Bewegungs-Quantität angiebt. Man kann also annehmen, daß wenigstens die Zahl 4800 das Maaß der gewaltsamen Kraft ist, welche der bis zu einem Drittel belastete Draht ohne Gefahr zu ertragen fähig ist.

Ein Beispiel mag die Sache deutlicher machen: Die Genfer Brücke wird von 540 Drahtfäden getragen, die höchstens nur mit einem Drittel der Last beschwert sind, welche sie zu tragen vermögen. Nehmen wir nun an, daß diese Brücke mit 150 Personen, jede 70 Kilogrammen (140 Pfund) wiegend, besetzt sey, welche im Doppelschritt marschiren, oder 10 Centimeter hoch herabfallen;

so wird die daraus entstehende Bewegungs-Quantität für jeden einzelnen Menschen 9800 und für 150 Menschen 1 470 000 betragen. Jeder einzelne Faden kann eine gewaltsame Kraft wenigstens von 4800 aushalten; wir haben 540 Fäden; folglich beträgt ihr Gesammtwiderstand gegen den Stoß (Choc) 2 592 000, oder fast das Doppelte der vorstehend angegebenen Zahl. Die Brücke würde also eine solche Probe aushalten; klüger wird es aber seyn, sie nicht zu unternehmen, weil die Heftigkeit der dadurch verursachten Erschütterung dem Mauerwerk schadet.

Ich glaube den Gründlichkeit liebenden Leser nicht zu ermüden, wenn ich hier noch einige Bemerkungen erwähne, welche der Capitain Navier über die Wirkungen der Erschütterungen gemacht hat, die den an Fäden oder an elastischen Stäben aufgehängten Gewichten mitgetheilt werden. Hier soll nur von den praktischen Resultaten die Rede seyn, womit Navier seine Bemerkungen beschließt.

Nehmen wir zum Beispiel eine Stange von geschmiedetem Eisen, deren transversaler Durchschnitt einen Quadrat-Centimeter beträgt, während ihr Gewicht auf einen Meter Länge $0^{K},7788$ ausmacht; sie verlängert sich um $\frac{1}{20000}$ unter der Last von 100 Kilogrammen; und zerbricht ohngefähr unter der Last von 4000 Kilogrammen. In diesem Falle frägt man, welche Geschwindigkeit V man einem Gewicht π mittheilen muß, womit eine Länge h einer ähnlichen Stange an ihrem untern Ende belastet ist, wenn dies Gewicht dieselbe Wirkung auf die Stange hervorbringen soll, welche eine Last von 1000 Kilogrammen veranlaßt?

Die Gleichung

$$V = \left\{1000\,K. - 0^{Kil.},7788\frac{h}{1^m} - \pi\right\}\sqrt{\frac{9^M,809\,h}{20000 + 100\,K.\pi}}$$

löset dies Problem.

Wenn man zum Beispiel annimmt, $h = 10^M$ und $\pi = 100$ Kil., so findet man $V = 0^M,625$ Geschwindigkeit, welche ziemlich genau von $0^M,02$ herrührt. Dies wäre also die Höhe (2 Centimeter), von welcher man das Gewicht von 100 Kilogrammen herabfallen lassen müßte, wenn seine Wirkung auf eine Stange von 1 Centimeter Gevierte der Wirkung einer Last von 1000 Kilo-

grammen, welche sich am untern Ende dieser Stange in Ruhe befindet, gleich seyn soll.

Bei Berechnung der Geschwindigkeit, welche dem Gewicht von 100 Kilogrammen mitzutheilen ist, wenn es den Bruch der Stange bewirken soll, ist es nach dem Vorhergeheuden hinlänglich, das erste Glied der, in die Parenthesen der angenommenen Gleichung eingeschlossenen Größe durch 4000 Kil. zu ersetzen, und es wird sich ergeben $V = 2^{M}, 73$ Geschwindigkeit, welche von einem $0^{M},38$ betragenden Fall herrührt.

Wenn das Gewicht π, womit man den Bruch bewirken wollte, 400 Kilogrammen schwer wäre, anstatt daß es nur 100 Kilogrammen wiegt, so würde die vorhergehende Gleichung eben so mit der Zahl 4000 Kilogrammen, $V = 1^{M},12$, Geschwindigkeit geben, welche von einer $0^{M},064$ betragenden Höhe herrührt.

Folglich wird die in Rede stehende Stange auf gleiche Weise durch eine in Ruhe befindliche Last von 4000 Kilogrammen, und durch Gewichte von 100 Kil. oder von 400 Kil., welche respektive 38 Centimeter oder 64 Millimeter herabfallen, zerbrochen.

Man sieht sehr leicht ein, durch welche Zahlen 20000, 100 Kil., und $0^{K},7788$ ersetzt werden müßten, wenn irgend eine andere Metall-Stange, als die zum Beispiel aufgestellte, in Anwendung gebracht werden sollte.

Anmerkung 2, Seite 51.

In der Kettenlinie, oder Curve, welche ausgedrückt wird durch die Gleichung

$$y = c \log.\left(\frac{x + c + s}{c}\right) \quad s = \sqrt{2cx + x^2},$$

worin y die Absciße, und x die Ordinate vorstellt, kann das Gewicht, wenn es auf ihre ganze Länge gleichmäßig vertheilt ist, betrachtet werden, als wenn es auf das Zusammentreffen der beiden Tangenten beim Befestigungspunkt angewendet wäre; seine Anstrengung auf diesen Punkten wird dem Verhältniß der Tangente zur Subtangente proportional seyn; da sich aber die Tangente, wenn die Krümmung nur gering ist, sehr der Absciße nähert, so hat Seguin in der Pra-

xis angenommen, daß man wohl die eine für die andere, und für die Subtangente das Doppelte der Ordinate nehmen könne. Wir wollen hier sehen, wie er diese letztere Eigenschaft beweiset.

Angenommen, daß man wirklich hat $ST = 2x$, da nun der Ausdruck der Subtangente ist $ST = \frac{ys}{c} = y\sqrt{2cx + x^2}$, so werden wir haben $2x = \frac{y\sqrt{2cx+x^2}}{c}$, und $y = \frac{2cx}{\sqrt{2cx+x^2}}$; durch Differenzirung dieses Ausdrucks erhält man:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2c\sqrt{2cx+x^2} - \frac{4c^2x - 4x^2c}{2\sqrt{2cx+x^2}}}{2cx+x^2}$$

eliminirt man $\frac{dy}{dx}$ vermittelst seiner Gleichung $\frac{dy}{dx} = \frac{c}{s} = \frac{c}{\sqrt{2cx+x^2}}$, und reduzirt, so erhält man $x = 0$; da aber nichts zeigt, daß die andern Werthe verschwinden, so kann man $y = \alpha$ annehmen; diese Betrachtungen, in die Gleichung $s^2 = 2cx + x^2$ eingeführt, machen c unendlich; denn man hat $c = \frac{s^2 - x^2}{2x}$ $c = \frac{s^2}{0}$, wodurch uns der Fall angegeben wird, wo die Subtangente genau das Doppelte der Ordinate beträgt, und der, wo diese letztere ihren Werth ganz und gar verliert, wenn die Absciſſe dieselbe bleibt.

Man sieht hieraus, daß, je weniger die Brücke Krümmung hat, um so mehr wird sich das obige Verhältniß von 1 zu 2 der Genauigkeit nähern; um aber zu finden, bis zu welchem Punkt es wohl anzuwenden sey, nehmen wir an, daß die Absciſſe $x = 20$, die Constante $c = 100$, und setzen um y zu bestimmen, in die Gleichung der Kettenlinie die Werthe die wir für x und c angenommen haben, dies wird uns geben:

$$y = 100 \log\left(\frac{20 + 100 + \sqrt{20 + 100 + 20 + 400}}{100}\right)$$

daher y = 62,237; bestimmt man hierauf den Werth von s, der Länge der Curve, und den der Subtangente $ST = \frac{y\,dx}{dy} = \frac{y\,s}{c}$ wegen $\frac{dx}{dy} = \frac{s}{c}$, so erhält man $ST = 41,283$ $s = 66,332$ oder ohngefähr ein Dreißigtheil mehr als durch die Approximation.

Die Kraft des Zuges, durch AB dargestellt, nach den Richtungen DB, CB (Figur 2, Tafel V.) zerlegt, giebt uns als ihr Verhältniß $\frac{DB}{AB}$ oder weil $AB = 4\,EF$, $\frac{\sqrt{DE^2 + 4\,EF^2}}{4\,EF}$, welches sich reducirt auf $\frac{DC}{8\,EF}$, wenn man DEC für DBC nimmt. In dem Vorstehenden ist überall vorausgesetzt, daß man das Strick-Polygon für die Curve nehmen kann; dies ist streng genommen nicht richtig, weil jeder der Befestigungspunkte einen Winkel dieses Polygons bestimmt, von welchem die Zahl der Seiten den Zahlen der Befestigungspunkte gleich ist, und noch eins darüber; da aber der Unterschied sehr klein ist, und da er übrigens sich auf die Zahl dieser Punkte bezieht, so glaubte ich, daß es hinlänglich wäre, sich deshalb an die Bestimmung der Curve zu halten.

Anmerkung 3. Seite 53.

Da die Bestimmung der Constante der Kettenlinie die Entwicklung sehr langer Reihen verlangt; so hat Seguin sich folgender Approximations-Methode bedient (Figur 3 Tafel V.), womit man schneller und auch sicher zum Zweck gelangt.

Es sey $x = 10$
$y = 50$

Da sich die Curve wenig vom Kreis-Bogen AC entfernt, welcher durch die Punkte ACB geht; so substituiren wir in die Gleichung $c = \frac{s^2 - x^2}{2\,x}$ seinen Werth an die Stelle von s, um einen ersten genäherten Werth

von c zu erhalten; die Berechnung ausführend, haben wir:

$$\text{Sehne } A\,C = \sqrt{y^2 + x^2} = 50{,}9901$$

$$\text{Bogen } A\,C = \frac{\pi\,\alpha\,c^2}{x} \times \frac{\text{Bogen Sin., } y}{360} = 51\,3242$$

$$c = \frac{s^2 - x^2}{2\,x} = 126{,}70$$

Substituirt man diesen Werth in die Gleichung

$$y = c \log. \left(\frac{x + c + \sqrt{2\,\alpha x + x^2}}{c} \right)$$ um den Werth

von y zu haben, welcher dem für s angenommenen entspricht, so erhält man $y = 50{,}0156$, ein Resultat, welches uns anzeigt, daß der Kreisbogen größer ist als die Curve, und daß s einen etwas geringern Werth erhalten muß; da er sich aber nothwendig zwischen dem des Bogens A C und seiner Sehne, jedoch dem erstern näher befinden muß, so wollen wir vier auf einander folgende mittlere Zahlen zwischen diesen beiden Werthen annehmen, und wir werden erhalten:

$$\frac{51{,}3242 + 50{,}9901}{2} = 51{,}1572$$

$$\frac{51{,}3242 + 51{,}1572}{2} = 51{,}2407$$

$$\frac{51{,}3242 + 51{,}2407}{2} = 51{,}2825$$

$$\frac{51{,}3242 + 51{,}2825}{2} = 51{,}3033$$

Wenn wir diese letztere für s substituiren, so erhalten wir $c = 126{,}6015$ $y = 49{,}9943$. Dieser Werth ist geringer als y = von 0, 0057. Der vorhergefundene übersteigt y um 0,0157; vermehren wir den Betrag von s im Verhältniß zu den obigen Differenzen, so werden wir erhalten $s = 51{,}3091$, welches giebt $c = 126{,}6322$, $y = 50{,}0005$; eine Approximation, die man noch weiter treiben könnte, wenn man es für nöthig erachtete.

Anmerkung 4, Seite 57.

Versuche über den Widerstand des an beiden Enden gezogenen Eisens, (aus den Heften der Schule des Brücken- und Chausséen Baues zu Paris entnommen.)

Eisen aus den Minen von Berri, der Kubikfuß 544 Pfund wiegend, durch das Zieheisen gezogen.

No.	4 Linien $\frac{48}{100}$ Durchm. Pfunde.	3,94 Durchm. Pfunde.	3,28 Durchm. Pfunde.
1	6760 ziemlich geschmeidig.	5560 geschmeidig.	2748 sehr spröde.
2	7000 sehr geschmeidig.	5800 geschmeidig.	3468 sehr spröde.
3	6280 sehr spröde.	5080 geschmeidig.	3036 spröde.
4	6760 ziemlich geschmeidig.	5560 geschmeidig.	3612 ziemlich geschmeidig.
5	7480 ziemlich geschmeidig.	5320 ziemlich geschmeidig.	3324 geschmeidig.
6	5560 sehr spröde.	5960 ziemlich geschmeidig.	3612 geschmeidig.
7	7240 geschmeidig.	5320 spröde.	3324 geschmeidig.
8	6040 ziemlich geschmeidig.	5800 sehr geschmeidig.	2604 brüchig.
9	7000 sehr spröde.	4600 ziemlich geschmeidig.	3036 ziemlich geschmeidig.
10	5320 sehr spröde.	4120 sehr spröde.	3324 ziemlich geschmeidig.

Durchschnittszahlen.

6544 Pfund	5312	3208

Durchschnitte auf Kreislinien.

326 Pfund	342	300

Durchschnitte idem in Kilogrammen.

161 Kilog.	168	147

Durchschnitte auf den Quadratmillimeter.

40,28 Kilog.	42,02	36,80

Durchschnitte auf den Kreis=Millimeter.

31,63 Kilog.	33	28,88

Krauseisen, dieselbe Qualität.

No.	5 Linien 9 Punkte Quadrat. Pfunde.	4 Linien im Quadrat. Pfunde.	3 Linien im Quadrat. Pfunde.
1	12840 geschmeidig.	6520 etwas spröde.	5480 sehr geschmeidig.
2	11160 geschmeidig.	6040 spröde.	4280 geschmeidig.
3	12600 sehr geschmeidig.	6520 geschmeidig.	4920 geschmeidig.
4	11400 sehr geschmeidig.	5720 spröde.	5000 geschmeidig.
5	11160 spröde.	7000 geschmeidig.	5080 sehr geschmeidig.
6	11160 geschmeidig.	6680 etwas spröde.	4840 geschmeidig.
7	12680 sehr geschmeidig.	5080 spröde.	4600 spröde.
8	13880 sehr geschmeidig.	6520 spröde.	3880 geschmeidig.

No.	5 Linien 9 Punkte Quadrat. Pfunde.	4 Linien im Quadrat. Pfunde.	3 Linien im Quadrat. Pfunde.
9	14440 sehr spröde.	— — — —	4280 geschmeidig.
10	13080 geschmeidig.	— — — —	4280 geschmeidig.
11	14680 sehr geschmeidig.	— — — —	3960 sehr geschmeidig.
12	8840 ziemlich geschmeidig.	— — — —	5000 sehr geschmeidig.

Durchschnittszahlen.

	12327 Pfund.	6260	4633
		Durchschnitte auf die Quadratlinie.	
	372	391	514
		Durchschnitte in Kilogrammen.	
	182	192	252
		Durchschnitte auf den Millimeter.	
	35, 75	37, 72	49, 50

Siehe Duleau, Essai sur la résistance du fer forgé. Paris, 1820, pages 70, 71, 72.

Anmerkung 5. Seite 59.

Die Art und Weise, womit die festen Körper Widerstand leisten, wenn man auf sie eine ihrer Länge perpendiculare Kraft anwendet, war schon längst ein Gegenstand des Nachdenkens für Physiker und Geometer, die fast alles in dieser Hinsicht erschöpft haben. Ihre Schriften geben einen ausführlichen Unterricht darüber. Hier soll nur ein Begriff von dem gegeben werden, was man unter einem festen Körper von gleichem Widerstand zu verstehn hat, wenn man von einer in der That unrichtigen Voraussetzung ausgeht, die aber für die gewöhnlichen Bedürfnisse der Praxis hinlänglich ist; nämlich: daß die Axe des Gleichgewichts durch den Schwerpunkt gehe (Siehe die Anmerkung 6). Dies vorausgesetzt, giebt uns die Oberfläche AB (Tafel V. Figur 4), da sie — um einen Widerstand zu bieten, welcher mit einem Gewicht P in Gleichgewicht sey, nothwendig eine Function des Hebels BC, an dessen Ende das Gewicht wirkt, seyn muß — das Mittel, die Gestalt zu bestimmen, welche ein Hebel haben muß, damit alle seine Durchschnitte AB, A′B′, A″B″, der Wirkung der Kraft P gleichmäßig widerstehn können; und deshalb wollen wir zuvörderst voraussetzen, daß die Dimension der Höhe allein fähig sey, zu variiren. Wenn die Erfahrung bewiesen hat, daß der Durchschnitt AB eines Hebels, wenn er seiner Länge nach gezogen wird, einem bestimmten Gewicht Q widersteht; so ist es einleuchtend, daß dies Gewicht, bei P angewendet, auf jeden der Punkte AB ein Kraftbestreben äußern wird, das von dem Verhältniß der Länge der Hebelarme aB, a′B, a″B, zu der Länge des Hebels BC abhängt. Die Cohäsion des Durchschnittes AB, welcher als Oberfläche des Bruches zu nehmen ist, wird also dem Moment der Oberfläche AB, multiplizirt mit der Cohäsion des Eisens, und dividirt durch BC, gleich seyn; dies zeigt uns an, daß man, um vermittelst eines Hebels auf eine Eisenstange, eine Mauer u. s. w. von symmetrischer Gestalt dieselbe Wirkung hervorzubringen, als wenn die Kraft auf die Widerstand leistende Oberfläche, oder die Bruchfläche, perpendicular angewendet würde, einen Hebel anwenden muß, welcher dem Abstand

der Axe des Gleichgewichts von der Basis der Oberfläche des Bruches, gleich seyn muß; oder man nimmt den Schwerpunkt als Centrum der Axe des Gleichgewichts an, deren Höhe die Hälfte der Basis beträgt.

Da die andern Dimensionen A′ B′, A″ B″ mit den Längen der Hebelarme B′C′, B″C″ in Beziehung stehn; so müssen sie einen ab- oder zunehmenden Widerstand, nach Beschaffenheit dieser Längen, leisten. Da dieser Widerstand zusammengesetzt ist: 1) aus der Berührungsoberfläche; 2) aus dem Abstand des Schwerpunkts von der Basis derselben Oberfläche, oder Bruchfläche; so erhalten wir, wenn wir s das veränderliche Element der ersten, und x den zweiten nennen und den Hebel A B mit L bezeichnen, $L = s\,x$; da aber die Größen s und x nach demselben Gesetz variiren, so kann man dies Verhältniß unter die Gestalt von $L = \alpha\, x^2$, die Gleichung der Parabel, setzen, wodurch uns angezeigt wird, daß die Hebel, oder die festen Körper von gleichem Widerstand und gleichförmiger Dicke, welche am Ende belastet sind, dieselbe Figur haben müssen.

Nimmt man dagegen an, daß die Höhe des Hebels nicht variirt, wohl aber die Breite, so ist es einleuchtend, daß die erzeugende Fläche des festen Körpers ein Dreieck wird, weil die Lage des Schwerpunkts immer dieselbe bleibt.

Wenn endlich der Hebel als ein durch Umdrehen um eine Axe entstandener fester Körper betrachtet werden kann, oder er hätte zum variabeln Element eine beliebige Oberfläche, so würde, da die Cohäsion variirte, wie die Quadrate der Dimensionen, und die Entfernungen des Schwerpunktes, wie ihre ersten Potenzen, die vorige Gleichung $L = \alpha\, x^3$ werden, worin die Constante α die Cohäsion des Körpers bezeichnet, und so auch das Verhältniß des Abstandes des Schwerpunktes von der Oberfläche des Bruches zu einer der Seiten der Figur.

Anmerkung 6. Seite 61.

Seguin suchte durch Versuche zu bestimmen, welchen Widerstand Gußeisen leistet, dessen Bruchfläche eine sym-

metrische Oberfläche ist, wenn man es seiner Länge nach perpendicular oder parallel zieht.

Er zerschnitt mit der Säge Gitterstangen eines Ofens von Gußeisen, und erhielt davon fünf viereckige Prisma's von fünf Zoll Länge, die er sorgfältig befeilen ließ, bis sie genau drei Linien Seite oder neun Linien Gevierte hatten; das Gußeisen war sehr geschmeidig und ließ sich leicht feilen und sägen; im Bruch hatte es ein feines Korn, welches perlengrau und weiß, wie gefeiltes Eisen, aussah.

Versuche.

I.

Man ergriff die Spitze einer der Gitterstangen mit einem Schraubstock, den man wie die Stange in horizontaler Richtung befestigte; die Oberfläche des Bruches war durch eine Erhöhung ausgezeichnet, welche einen beträchtlichern Durchschnitt darbot, als die übrige Stange; die Belastung geschah durch Sand, den man in ein an die Stange, vier Zoll weit von der Oberfläche des Bruches, aufgehängtes Gefäß schüttete. Ein Draht, dessen Spitze mit dem Ende der Stange zusammentraf, war bestimmt, die Beugung zu messen.

	Kil.
Die Stange zerbrach unter dem Gewicht von	17, 80

Die Beugung, im Augenblick des Bruches, betrug ohngefähr Eine Linie.

II.

Dieselbe Anordnung, wie bei No. I.

	Kil.
Die Stange zerbrach unter dem Gewicht von	18, 80

Die Beugung betrug ohngefähr Eine und eine halbe Linie.

	Kil.
Durchschnittszahl der beiden vorstehenden Versuche	18, 30

III.

Dieselbe Stange ihrer Länge nach gezogen trug 448 Kilogrammen.

IV.

Dieselbe Anordnung, wie bei No. III., 504 Kilogrammen.

Durchschnittszahl der beiden Versuche 476 Kilogram-
Kil.
men, macht 52, 90 auf die Quadratlinie.

Wenn diese Versuche zahlreicher wären, so könnten sie dienen, mit Genauigkeit die Constante zu bestimmen, die sich für das Gußeisen schickt, um die Länge des Hebelarmes aufzufinden, welcher, nach dem Prinzip des Galiläus, eine Function der vertikalen Dimension des festen Körpers, in seiner Bruchfläche, ist; da aber diese Constante mit den verschiedenen Qualitäten des Gußeisens variirt, und da es übrigens auch gut ist bei diesen Schätzungen das Bedürfniß zu übersteigen; so hat sich Seguin dieser Bestimmung enthalten und er gab daher nur eine etwas erhöhte Approximation.

Suchen wir also in der Bruchfläche die Lage eines Punktes, dessen Abstand von der Basis dieser Fläche die Länge des Hebels seyn wird, welche, mit der Oberfläche des Bruches multiplizirt und mit der Länge des Hebels dividirt, an dessen Ende das Gewicht wirkt, welches die senkrecht auf ihrer Länge belastete Stange getragen hat, uns die Cohäsion des auf diese Art wirkenden Gußeisens vorstellt. Wenn wir bemerken, daß die Cohäsion des Gußeisens auf die Quadratlinie = 52, 90, und wir bezeichnen die Länge des Hebels mit L, so erhalten wir

$$\frac{52,90 \times 9 \times L}{48} = 18,30\ L; = 1,844.$$

Da diese Größe sich ohngefähr nur um ein Fünftel von 1, 50 entfernt, welches durch die Lage des Schwerpunkts gegeben seyn würde, und da übrigens die Abweichung zum Vortheil der Festigkeit statt findet, wenn man als Basis der Berechnung die Zähigkeit des seiner Länge nach parallel gezogenen Gußeisens annimmt; so glaubte Seguin, daß sie in der Praxis angewendet werden könnte, und er dehnte, der Analogie nach, die Anwendung auch auf sprödes Eisen aus, welches der unvortheilhafteste Fall der Anwendung dieses Metalles ist.

Anmerkung 7. Seite 65.

Das im Erdboden befestigte und frei über die Höhe der Widerlage gehende Seil (Tafel V. Figur 5) wird einen Winkel bilden, dessen beide Seiten dieselbe Spannung haben werden, und welchen die Richtung der Mittelkraft in zwei gleiche Theile theilen wird. Da aber diese Mittelkraft, in Ansehung der großen Winkelöffnung, im Allgemeinen wenig von einer der Seitenkräfte, welche nach den Richtungen des Seils wirken, differiren kann; so hat Seguin der größern Einfachheit wegen angenommen, daß sie ihr gleich sey. Um ihren wahren Ausdruck, so wie die Art und Weise ihrer Wirkung auf die Widerlage zu finden, wollen wir annehmen, daß das Kraftbestreben nach der Richtung der Tangente S C durch die Linie S C vorgestellt ist, und die Mittelkraft S Q vermittelst der beiden Linien A Q, C Q bestimmen. Diese Mittelkraft selbst wird in die beiden Seitenkräfte nach S O und S P zerlegt werden müssen, wovon die eine S O strebt, den Pfeiler mit dem Hebel S P, welcher seiner Höhe gleich ist, umzustürzen, und die andere S P, seine Masse zu zu vermehren und ihm Stabilität zu geben: das Moment des erstern wird also seyn $SO \times SP$, an dessen Stelle man setzen kann $SQ \times PR$.

Anmerkung 8. Seite 66.

Wenn man die Brücke unmittelbar an die Widerlage selbst befestigt, so wird das Moment, diese letztere umzureißen, gleich seyn dem Kraftbestreben nach der Richtung der Tangente am Befestigungpunkt, multiplizirt durch die vom Fuß der Widerlage auf dieselbe Tangente herabgelassene Perpendicularlinie; es wird also, wenn man die Widerlage als eine homogene Masse betrachtet, gleichgiltig, ob man am Fuße oder am obern Theil derselben befestigt; berücksichtiget man aber den Mangel an Verbindung der Theile, so ist es einleuchtend, daß, wenn man in einer beliebigen Höhe befestiget, das Kraftbestreben, welches die zum Bau der Widerlage gebrauchten Mate-

rialien zu trennen sucht, für die obern Theile der Befestigung nur so berechnet werden sollte, wie es in der Anmerkung 7, in Bezug auf das Umreißen der Widerlage geschehen ist.

Anmerkung. 9. Seite 66.

Wenn das Kraftbestreben der Befestigungtaue der Widerlagen in zwei Kräfte R Q, R P (Figur 6. Tafel V), eine horizontale und eine vertikale zerlegt worden, und Alles in der Art geordnet ist, daß die Masse nicht vorwärts gleiten kann, es mag dies durch eingeschlagene Grundpfähle oder durch die natürliche Festigkeit des vordern Bodens geschehn; so ist es offenbar hinlänglich, der zweiten Kraft R P das Gleichgewicht zu halten. Um aber diese weitläuftige Berechnung zu vermeiden, wird man wohl thun, wenn man diese Masse der Gesammtsumme des Zuges gleich macht, zumal da dies Uebermaß der Belastung nur sehr wenig Kosten verursacht und zu gleicher Zeit den Mangel an Cohäsion der Masse compensirt.

Anmerkung 10. Seite 67.

In Betracht der geringen Neigung der Seile gegen den Horizont kann man, um die Operation zu vereinfachen, die Höhe A B (Figur 6 Tafel V), des Pfeilers für die Perpendicularlinie B D nehmen, welche von ihrer Basis auf die Tangente A D herabgelassen ist. Wenn das Seil bei A befestiget ist, so ist es klar, daß die Spannungen der Seile A C, A D den Längen der Hebel C B, D B proportional werden.

Anmerkung 11. Seite 68.

Uebersicht der Versuche welche Buffon über den Widerstand aufrecht belasteter, eichener Hölzer anstellte.

No.	Länge.	Breite.		Dicke.		Gewicht, worunter das Stück zerbrach.
	Fuß.	Zoll.	Lin.	Zoll.	Lin.	Pfunde.
1	6	5	10	3	9	80664
2	6	5	10	4	10	81035
3	7	5	10	3	9	58523
4	7	4	8	3	9	41555
5	8	5	10	3	9	64069
6	8	5	10	4	9	86720
7	8	6	—	3	11	86915
8	8	4	11	3	8	46880
9	8	4	10	3	11	46880
10	8	6	11	5	10	127801

Anmerkung 12. Seite 74. Zeile 2 von unten.

Um die, durch eine Annäherung oder Entfernung der Aufhängepunkte verursachte Verlängerung (Tafel V. Figur 7), welches auf eine Veränderung im Werth von y zurück kommt, auszumitteln, müßte man die Werthe von x in der Voraussetzung suchen, wo, während s sich gleich bleibt, y sich um irgend eine Größe ändert; man kann dies aber, ohne in die Einzelnheiten solcher Berechnungen einzugehen, auf einem kürzern Wege erlangen, wenn man berücksichtiget, daß man für kleine Veränderungen den Werth der Seile A C, A′C′ betrachten darf als proportional dem Werth der Bogen der Kettenlinie A C A′C′, welchem sie als Sehne dienen. Gehen wir hiervon aus, so wird die Auflösung der beiden Gleichungen,

$$BC^2 = AC^2 - AB^2$$
$$BC'^2 = A'C'^2 - A'B^2$$

diese Differenz geben;

Wenn der Abstand

$$AB = 50$$
$$BC' = 5$$
$$BC = 5,1 \text{ ist;}$$

so wird man finden, wenn man die Berechnung vornimmt, und bemerkt, daß
$AC = AC', A'C' = (50)^2 + (51)^2 = 2526,01$ ist, $A'B^2 = 2526,01 - (5)^2 = 2501,01$, dessen Wurzel $50,011 = AB$, uns anzeigt, daß der Punkt A ohngefähr 11 Millimeter entfernt, oder der Radius der Rolle so vermehrt werden müßte, um diese Verlängerung hervorzubringen.

Anmerkung 13. Seite 76.

Um die Grenze der Differenzen zu suchen, die in der Länge der Fäden bei Verfertigung der Seile statt finden können, wollen wir annehmen, daß man Eisendraht gebraucht, welcher 500 Kilogrammen tragen kann, und dessen Gewicht auf den Meter 68 Grammen beträgt. Ein Drahtfaden von 33 Meter wird 2,25 wiegen; wenn ihn ein einziger Meusch über die Kloben spannt und dabei eine Kraft von 15 Kilogrammen anwendet, so wird dieser ihm eine Krümmung mittheilen, deren Pfeil x fast ganz genau ausgedrückt wird durch $\frac{33}{8x} \times 2,25 = 15$, $x = 0,62$; in diesem Zustand ist es leicht, die verschiedenen Umwickelungen so gleichmäßig zu machen, daß eine nicht mehr als 0,30 Meter über die andere ragt. Man darf also nur die Differenz der Länge zwischen den Fäden berechnen, welche von dieser Differenz im Pfeil herrühren kann, um zu sehen ob sie sich in der Grenze der Irrthümer befindet, die man unbeachtet lassen darf.

Diese Untersuchung kommt darauf zurück, zu bestimmen, was s wird, wenn y, dieselbe Länge von x bleibend, successiv $x = 0,62$, $x = 0,92$ wird. Die angestellte Berechnung giebt im ersten Fall, $s = 16,5153$, und im zweiten, $S' = 16,5340$. Die Differenz 0,0187 zwischen diesen beiden Werthen gleich $\frac{1}{900}$ der Gesammtlänge, ist nur erst ohngefähr der fünfte Theil von der Verlängerung, welche ein Eisendraht annehmen kann, ohne an seiner Kraft zu verlieren; und es ist leicht einzusehen, daß man, mit einiger Aufmerksamkeit, in diese Operation eine Genauigkeit bringen könnte, wodurch die Differenz weniger als ein Zehntausendtheil betragen würde.

Anmerkung 14. Seite 78.

Allerdings ist das vorgeschlagene Verfahren einigen Schwierigkeiten unterworfen; aber bei einem neuen Gegenstand, wo man die Vorsichtsmaaßregeln nicht genug vermehren kann, bis die Erfahrung bewiesen hat, wie weit man sich den Berechnungen anvertrauen darf, bleibt es unumgänglich nothwendig, mit den eisernen Seilen den angegebenen Versuch vorzunehmen. Beim ersten Anblick scheint es, als könnte die Berechnung nach Coordinaten auf diese Untersuchung angewendet werden; man muß aber bemerken, daß die Seil-Curve jederzeit durch das Gewicht des Fußbodens modificirt wird, das für jeden Punkt proportional ist dem Verhältniß seiner Tangente zu der der Seile am correspondirenden Punkt, und welcher (Fußboden) sie (die Curve) folglich nur dann gleichmäßig belasten kann, wenn er so befestigt ist, daß er dieselbe Krümmung hat, wie sie.

Die Bestimmung der Länge dieser Linien verlangt eine sehr schwierige analytische Untersuchung, welche den Zweck dieser Schrift überschreiten würde; wir bemerken daher nur noch, daß, da, wenn der Fußboden in gerader Linie ist, die Tangente von jedem seiner Punkte gleich wird der Entfernung dieses Punktes vom Ursprung der Coordinaten, man den Werth der Abscisse dieser letztern substituiren kann; dies giebt für das Verhältniß der Belastung jedes der Punkte $\frac{y}{T}$; drückt man also die Last am Punkt D (Tafel V. Figur 8), wo dies Verhältniß gleich 1 ist, durch die Einheit aus, so wird sie $\frac{AS}{AT}$ für irgend einen Punkt B. Da aber die Abweichung der Curve für ein gegebenes Gewicht je nachdem man sich von den Punkten C E entfernt, in einem Verhältniße wächst, welches einem besonderen Gesetze folgt, so ergiebt sich, daß zwischen jedem der Punkte C D, E D, ein Minimum der Abweichung statt findet, welche eine Beugung E H D J G veranlaßt, wie man sie an der Brücke zu Dryburgh in England bemerkte (siehe Kapitel I. Seite 17).

Anmerkung 15. Seite 87.

Wirkungen der Temperatur.

Nach einigen von Dufour angestellten Versuchen scheint es, daß der Draht bei einer sehr kalten Temperatur merklich schwächer sey, als bei einer weniger strengen Temperatur. Doch verlangt dies noch nähere Bestätigung durch mehre Versuche. Draht No. 13 von St. Gingolf, bei einem Frost von $8\frac{1}{2}$ Grad des hundertgradigen Thermometers erprobt, gab im Durchschnitt nur 166 Kil. anstatt 180, welches seine absolute Kraft ist. Vielleicht lag aber auch die Differenz in der Ungleichheit des Drahtes, ohneradtet er mit aller Sorgfalt ausgewählt war. Der Draht No. 17. von Lafarrière zerriß bei einer Temperatur von sechs Graden unter Null, durch ein Gewicht von 367 Kil., und zeigte sich 15 Kil. schwächer als unter einer Temperatur von + 4. Der erprobte Draht war im Aeußern von tadelloser Beschaffenheit.

Um die anscheinende Schwächung des Eisendrahtes durch Kälte zu bewähren, machte Macaire, Mitglied der physikalischen Gesellschaft zu Genf, den Vorschlag, den Draht durch einen Muff zu führen, der mit einer Kälte erzeugenden Masse angefüllt ist: wenn der Frost den vermutheten Einfluß hat, so wird der Draht im Muff zerreißen; und da man die Grade der Temperatur von der Kälte an, welche man durch die Chemie hervorzubringen vermag, bis zur Hitze des siedenden Wassers variiren kann, so läßt sich der Gang der Vermehrung oder Verminderung der Kraft mit den Veränderungen der Temperatur, genau verfolgen.

Dufour und Macaire befolgten diese glückliche Idee in einem Dutzend Versuchen mit Draht No. 4. von Lafarrière. Die fünf ersten wurden bei der Temperatur Null angestellt, sie bestätigten, daß die absolute Kraft dieses Drahtes im Durchschnitt 48 Kil. beträgt.

In den drei folgenden brachte man in den Muff, durch den der Draht geleitet war, eine Mischung von Eis und gemeinem Salz, so daß die Kälte auf $22\frac{1}{2}$ Grad hundertgradig stieg, und der Draht zerbrach zweimal von 46 Kilogrammen und Einmal von 47 Kilogrammen Last; dies

Gewicht ist zwar geringer als das der absoluten Kraft dieses Drahtes, man darf aber deshalb noch nicht auf eine Schwächung schließen, weil die Abweichung immer noch in den Grenzen der gewöhnlichen Abweichungen bleibt, und besonders, weil der Draht nicht im Muff zerriß. Es scheint also, daß ein einem ziemlich strengen Frost ausgesetzter Draht nichts von seiner Zähigkeit verliert und daß die Resultate der angeführten Versuche nur einer Differenz in der Qualität des Drahtes zuzuschreiben sind. Dies ist auch der Theorie entsprechend, welche behauptet, daß der Frost die Metalle durch Zusammenziehn wohl zerbrechlicher machen kann, dagegen aber ihre Zähigkeit vermehren muß; sie lehrt auch, daß durch eine entgegengesetzte Wirkung die Wärme die Metalle biegsamer und weniger brüchig, aber auch zu gleicher Zeit weniger fähig macht, der bloßen Kraft des Zuges zu widerstehn.

In dieser Hinsicht machten Dufour und Macaire zwei Versuche mit warmen Wasser, indem sie die Temperatur des Muffes auf 92½ Grad erhöheten. Der Draht zerbrach einmal unter dem Gewicht von 45½ Kilogrammen, außerhalb des Muffes, und das zweitemal im Muff bei einem Gewicht von 46½ Kil. Dies scheint sehr deutlich zu beweisen, daß die Erhöhung drr Temperatur von geringem Einfluß ist. Wollte man es mehr der Wärme des siedenden Wassers zuschreiben, als den Ungleichheiten des Drahtes, so müßte man, um consequent zu seyn, schließen, daß das Minimum der Kraft zwischen Null und 92½ Graden statt findet, weil im Muff der Bruch unter dem schwersten Gewicht statt fand.

Ein letzter Versuch bestätiget das, was schon weiter oben über den geringern Einfluß der Wärme und der Kälte in Bezug auf die Kraft des Zuges gesagt worden ist. Man ließ den Draht durch zwei Müffe gehn; bei dem einen betrug die Temperatur — 22½, bei dem andern + 92½, und der Abstand 60 Centimeter. Der Draht zerriß zwischen beiden mit dem Gewicht von 45 Kilogrammen.

Sonach scheint es, daß wenigstens für No. 4. die Temperatur auf die Kraft des Eisendrahtes im Zuge von — 22½ hundertgradig bis + 92½, das heißt auf einem Raum von 125 Graden keinen merklichen Einfluß hat.

Hierbei entsteht immer noch die Frage: ob nicht eine anhaltende atmosphärische Kälte einen größern Einfluß äußern würde, und ob nicht dickerer Draht dafür empfänglicher wäre?

Merklicher ist der Einfluß, welchen die Wärme auf die Cohäsion des Eisens äußert, (Siehe Annales de Phil. Janvier 1824 p. 75). Eine Stange Schmiedeeisen, von drei Fuß Länge und einem Quadratzoll Dicke, wurde bis auf 212 °F gebracht. Das Nöthige war angeordnet, um die Verlängerung zu messen; man belastete die Stange unten mit einem Gewicht von 300 Pfund, und stellte den Zeiger auf Null. Diese Operationen wurden in einem warmen verschlossenen Zimmer ausgeführt, um so wenig Wärme als möglich zu verlieren; hierauf öffnete man die Fenster, entfernte das Bad und beobachtete den Gang der Erkaltung. Die Verlängerung der Stange verminderte sich mit ihrer Abkühlung. Nach Verlauf von zwei Stunden, wo die Temperatur der Stange bis zur Temperatur des Zimmers, welche 60° betrug, zurückgegangen war, hatte die Verlängerung um $\frac{3}{4}$ einer Abtheilung des Maaßstabes abgenommen. Als man das Gewicht wegnahm, erhob sie sich wieder um 14 Abtheilungen. Man kann hieraus schließen, daß das Eisen bei einer Erhöhung der Temperatur von 212° — 60° = 125° von seiner Cohäsion $\frac{1}{20}$ verliert, dies beträgt ohngefähr auf den Grad $\frac{1}{2500}$.

Nach Smeaton dehnt sich das Eisen bei jedem Grad des hundertgradigen Thermometers um 0,0000126. Nehmen wir nun an, sagt Seguin, daß die Brücke bei einer Temperatur von + 10 erbaut ist, so wird eine Veränderung von 20°, sowohl unter als auch über diesem Punkt, jenen Bruch auf 0,000252 bringen. Um zu sehen, wie viel sich die Brücke durch die Temperatur-Veränderung senken oder erheben könnte, nehmen wir an, wie in der Anmerkung 3,

$$y = 50$$
$$x = 10$$
$$s = 51,3086$$

so wird der Werth von S werden:

$$51,3086 + 51,3086 \times 0,000252 = 51,3215.$$

Wenn man diesen Werth in den der Kettenlinie substituirt; so werden die von C und von x zu C' = 126,013, x' = 10,05, das heißt eine Veränderung der Temperatur von 20° wird in der Länge der Seile eine Veränderung von 0,0129 Meter, und in der Höhe des Fußbodens von 0,05 veranlassen.

Wenn man anstatt der Bogen S, S' die darunter gezogenen Sehnen nähme; so würde man zu einem für kleine Veränderungen ziemlich genauen Resultat gelangen. In der That giebt die angestellte Berechnung

Sehne $S = \sqrt{x^2 + y^2} = 50{,}9902,$

Sehne $S' = 50{,}9902 + 50{,}9902 \times 0{,}000252 = 51{,}0030$

$$x' = \sqrt{(51{,}0030)^2 - (50)^2} = 10{,}065$$

Anmerkung 16. Seite 92.

Es sey n die Anzahl der Drahtfäden des vertikalen Seiles, n' die des Drahtbandes, welches bestimmt ist das Gleiten der vertikalen Seile, längs den horizontalen Hängeseilen, zu verhindern: zerlegen wir die durch A D vorgestellte Kraft von n nach der Tangente A E und der Normale A F, so wird n' proportional seyn der Seitenkraft in der Richtung der Tangente (Siehe Tafel IV. Figur 8). Wir werden also haben

$$n : AD :: n' : AE,\ n' = n \times \frac{AE}{AD} =$$

$$n \times \frac{ST}{AT} = n \times \frac{ST}{\sqrt{y^2 + ST^2}} = \frac{n}{\sqrt{1 + \frac{y^2}{ST^2}}}$$

Anmerkung 17. Seite 93.

Es sey GHIK (Tafel IV. Figur 8) das Befestigungs-System; um, wenn wir es als unbiegsam betrachten, die Kraft zu berechnen, welche es haben muß, damit die Punkte I H nicht aus ihren Lagen gebracht werden können, zerlegen wir die Kraft P, welche in der Richtung von P I wirkt, in zwei andere, die eine nach H I, die andere nach K I, und indem wir das Parallelogramm L I M N bilden, werden wir haben

$$IK = P \times \frac{IM}{IN}$$

$$IH = P \times \frac{IL}{IN}.$$

Anmerkung 18. Seite 95.

Uebersicht der Versuche welche Buffon über den Widerstand des horizontal belasteten Eichenholzes anstellte.

Gevierte.	Längen.								
	7	8	9	10	12	14	16	18	20
Zolle.	Pfunde.								
4 zu 4	5312	4550	4025	3612	2987				
5 — 5	11525	9787	8308	7125	6075	5100	4350	3700	3225
6 — 6	18950	15525	13150	11250	9100	7475	6363	5562	4950
7 — 7	32200	26050	22350	19475	16175	13225	11000	9425	8275
8 — 8	47875	39750	32800	27750	23450	27750	23450	16200	11485

Verbesserungen.

Für Curbe, welches einigemal vorkommt, lies Curve.
Seite 54, Zeile 10 von unten lies Tafel III. Figur 1.
Seite 57, Zeile 15 lies anstatt Figur 1 Figur 3.
Seite 74, Zeile 2 von unten ergänze: (Anmerkung 12).

Fig. 6
Fig. 1
Fig. 5
J
K
L
E
A
F
B
M
H
G
D
C
Fig. 2
Fig. 3
a
a
b
b
Fig. 4
c
N. Dellbrück sc.

Taf. II

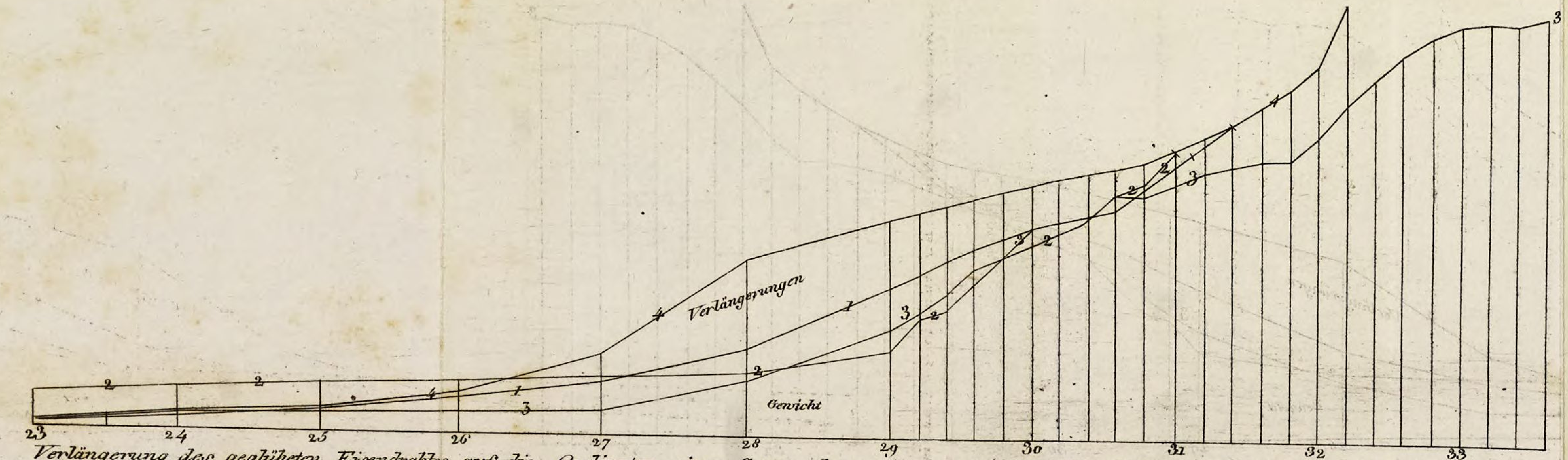
Fig. 2
45
18
116
Fig. 3
48
40
23 23
Horizontal Linie
Fig. 4
Fig. 6
Maaßstab nach Meter
10 5 0 10 20 30
Fig. 20
Fig. 7
Fig. 8

Taf. III

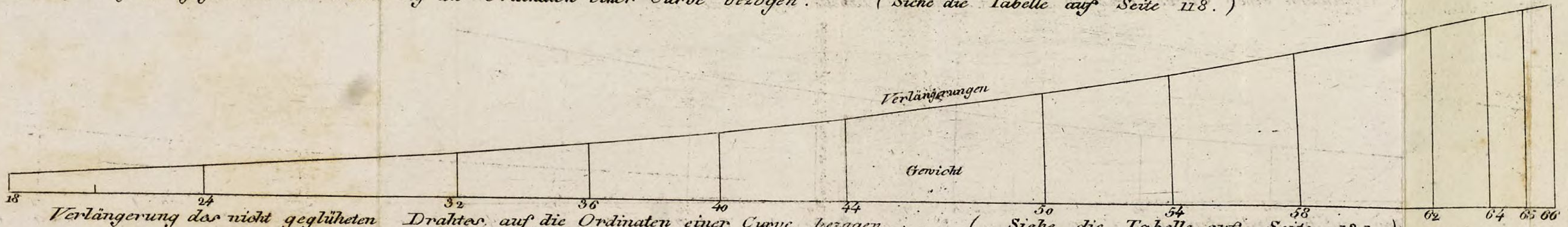
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15

Fig. 5
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 8
Fig. 3
Fig. 6
Fig. 4
Fig. 7
72
120
210

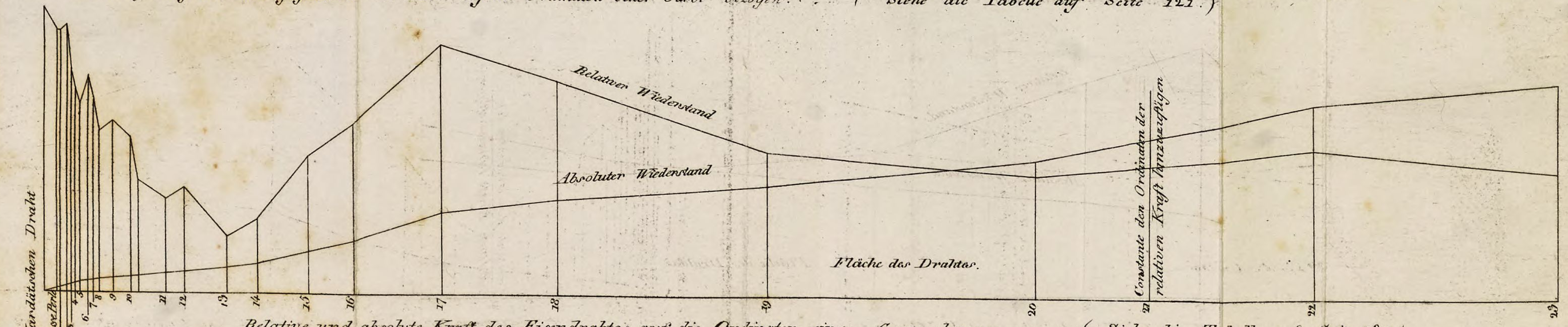
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8



Verlängerung des geglüheten Eisendrahtes auf die Ordinaten einer Curve bezogen. (Siehe die Tabelle auf Seite 118.)



Verlängerung des nicht geglüheten Drahtes auf die Ordinaten einer Curve bezogen. (Siehe die Tabelle auf Seite 121.)



Relative und absolute Kraft des Eisendrahtes auf die Ordinaten einer Curve bezogen. (Siehe die Tabelle auf Seite 131.)

N. Dellbrück sc.

Taf. VII.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Berg, Carl Friedrich Wilhelm,

Der Bau der Hängebrücken aus Eisendraht nach Stevensohn, Seguin, Dufour, Navier u.a

Leipzig 1824

Passau, Staatliche Bibliothek -- S 9/09 M 2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11339277-1